



28-4-9

21602

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio *21*



Palchetto *B*

Num.° d'ordine *32*

~~730785~~

Pa. Silver- II 504

58N
609.680

IL PONTE SOFIA

OVVERO

DESCRIZIONE

DEL PRIMO PONTE A CATENE DI FERRO

COSTRUTTO IN VIENNA

ACCOMPAGNATO DALLO STATO COMPARATIVO DELLE SUE DIMENSIONI CON QUELLE DEL PONTE A CATENE DI FERRO
PROGETTATO SULLA SUEVA IN PARIGI DAL SIGNORE NAVIER.

DI

IGNAZIO DI MITIS

CAVALIERE DELLE IMPERIALI E REALI PROVINCIE EREDITARIE, SEG. E LANDAMASSO, E CONSIGLIERE
DELLA DEPUTAZIONE DEGLI STATI DELL'AUSTRIA INFERIORE.

PRIMA VERSIONE DAL TEDESCO IN ITALIANO

DI

ANTONIO DEL GIORNO.



NAPOLI

DALLA TIPOGRAFIA DI ALESSANDRO DI MATTIA

Vico Belledonna a Chiaia Nuova, 28.

1827.



CENNO DEL TRADUTTORE.

IL nuovo sistema de' ponti a catene di ferro sorpassando per l'arditezza dell'invenzione quanto mai vi ebbe di più stupendo in ogni genere di Architettura, ha richiamato nel breve giro di pochi anni la seria attenzione di molti uomini illustri: anche i Governi han rivolto in particolar modo le loro cure su questo genere di costruzione, attesa la grande economia che risulta dalla semplicità del suo meccanismo, e l'essenza dei vantaggi di cui gode a preferenza di ognaltro sistema finora in uso: ed i ponti gettati sulle Catteratte del Schuilkill, sulla Merrimack, ed in altri luoghi dell'America (1); quelli sul Tweed, sul braccio di mare che bagna l'isola Anglesea, ed altrove nella Gran Bretagna; il ponte che ora si costruisce dall'insigne Navier sulla Senna in Parigi, e quello di cui quì trattasi, compiuto da circa un'anno dal cav. di Mitis sul Danubio in Vienna, sono il trionfo delle scienze fisico-matematiche.

Ove quindi parlano tanti monumenti eretti a gara fra sì culte Nazioni, vano sarebbe l'imprendersi da me a rilevare l'importanza del soggetto del presente libro; poichè quali ragioni vi sarebbero mai più possenti del fatto?

Non farò neppur parola del merito dell'opera, nè

(1) *Force commerciale de la Grande Bretagne. Par Charles Dupin Tom. V.*

(IV)

dell' utilità del metodo impiegato dall' autore in trattar le materie che vi si contengono; della precisione e nitidezza dei disegni che l'accompagnano; e del rigore geometrico cui van sottoposti tutti i casi possibili che intervenir possono nell' esame della solidità e della resistenza. Dirò solo che il signor di Mitis, facendo la più scrupolosa applicazione de' principj stabiliti dal Navier alla struttura del suo ponte in Vienna, coll' esser questo mirabilmente riuscito in tutte le sue parti completo, ha provato per via di fatto e di esperienza » che le verità speculative e le teorie coincidono eminentemente colla pratica ».

Tali sono state principalmente le ragioni che mi han mosso a pubblicare colle stampe la presente versione. A ciò si aggiunga la totale deficienza di simili produzioni nel nostro paese, ed il bisogno di vedere discusso da scienziato un soggetto la cui importanza tiene occupati i più distinti ingegneri: e si accoglierà, spero, benignamente questo mio lavoro.

A S. A. I.
L'ARCIDUCA D'AUSTRIA
GIUSEPPE
CAVALIERE DEL TOSON D'ORO,
GRAN CROCE DEL REALE ORDINE DI S. STEFANO D'UNGHERIA,
PALATINO, LUOGOTENENTE,
E CAPITAN GENERALE DELLO STESSO REGNO ec. ec.

Altezza Imperiale

Il più vivo interesse per lo sviluppo dell'industria e dei talenti, insieme con altre felici virtù, nel mento che costituisce una delle più brillanti qualità della Casa d'Austria, ha sempre con particolarità contraddistinta V. A. I. che nel sublime disimpegno delle sue alte funzioni qual Palatino d'Ungheria, ha saputo sì bene conciliarsi venerazione ed amore.

Una scoperta molto utile de' nostri tempi, l'impiego cioè del ferro alla costruzione de' ponti sospesi, non potea perciò sfuggire alla penetrazione di V. A. Ella con una bontà tutta propria si compiacque esternarmi il desi-

(VI)

desio di voler aderire alle brame di generosi ed illuminati Ungheresi, promovendo se fosse possibile l'intrapresa di un ponte a catene di ferro sulle maestose acque del Danubio, il quale fosse meno esposto dell'attuale agli accidenti imprevisti delle stagioni, e che servisse al pari di esso di comunicazione tra Pest e Buda, le due capitali di questo gran regno.

Siffatta nobile idea di un Principe per quanto saggio altrettanto benigno, ha destato in me un tal grado di entusiasmo per V. A. I., che io osando deporre ai di lei piedi il tenue prodotto de' miei sperimenti su questo nuovo sistema di ponti, la supplico a gradire e considerare questo mio lavoro, comunque poco abbia esso contribuito al compimento delle sue grandi vedute, qual debole ma non dubbio attestato della profonda venerazione, con cui ho l'onore di essere

Di V. A. I.

Vienna il di 4. Ottobre 1825.

Umilissimo e devotissimo servo
IGNAZIO DI M^{ga}.

PREFAZIONE DELL'AUTORE.

Le varie notizie che leggonsi nei giornali e nelle opere letterarie dei nostri di sul nuovo sistema de' ponti a catene di ferro, non possono non eccitare il desiderio di vedere accolta e prosperata anche nel nostro paese una sì utile nommeno che bella produzione dell'ingegno umano.

Il progetto ideato da me nel 1823 di formare una società di capitalisti, col di cui favore si pervenisse ad eseguire un ponte di simile natura nella Capitale dell'Impero Austriaco, non fu che l'effetto di un tal desiderio. Il buon esito di questa intrapresa, che pareva non potesse mancare di fantori fra i miei bravi concittadini, rendeasi tanto più certo, che mi era ben nota l'ottima indole del nostro Sovrano, propenso sempre a secondare ogni utile intrapresa.

Il ponte a catene di ferro sul più considerevole fiume dell'Austria è stato già non ha guari eseguito. Il Governo, il quale approvando la proposta che gliene venne fatta, autorizzò l'imperiale e real Corpo idraulico dell'Austria inferiore ad effettuare esso stesso il piano dell'opera, è quegli cui attribuir si deve il principal merito dell'esecuzione. Intanto io spero che per avervi avuto anch'io picciolissima parte, il Pubblico vorrà bene accordarmi il pregio di essergli stato di qualche vantaggio, adempiendo così ad uno dei miei più sacri doveri. Il buon esito però non è meno dovuto al concorso di molte persone distinte d'ogni ceto della

nostra nazione, le quali procurando all'uopo con preveniente prontezza un considerevole capitale han fatto ad ognuno vedere, che se gli abitanti dell'Austria mostransi talvolta in apparenza freddi verso le invenzioni dell'estero, ciò addiviene perchè possano con maggiore maturità esaminarle, e valutare e promuovere con tutto zelo ciò ch'è veramente buono.

Io quindi mi credo nell'obbligo di quì attestare pubblicamente a tutti coloro che son concorsi a siffatta intrapresa la mia riconoscenza per aver favorito e protetto il mio piano, dispensandomi dal manifestare i loro nomi, giacchè non altrimenti esige la loro modestia, compagna sempre della magnanimità.

La preminenza che scorgesi avere i ponti a catene di ferro sopra gli altri finora in uso; e quel ch'è più, l'unanime suffragio che sembra riscuotere il primo di essi in Vienna da tutti gli abitanti di questa capitale, ci fa con fondamento sperare che avremo degl'imitatori nello stesso genere: e noi vedremo forse tra quì a poco negli altri luoghi della monarchia austriaca moltiplicate le costruzioni di simili ponti. Siccome però non tutti potranno esser al pari di me sì avventurosi, da ricever le opportune istruzioni da soggetti molto abili e sperimentati; io mi son deciso di rendere di comun diritto la presente mia opera, che sebbene contenga l'applicazione di principj inventati da stranieri; pure, per la somma istruzione e per lo vantaggio che essi ne recano, sono tali da giustificare la pubblicazione di questi miei scritti, e di farmene presumere benigna l'accoglienza.

E specialmente ciocchè su tal proposito ha egregiamente

scritto il signor Navier (1) ingegnere in capo del Real Corpo degl' ingegneri di ponti e strade in Francia, è molto adatto al caso nostro. Per la qual cosa raccogliendo di tratto in tratto quel che vi è di più interessante nell' opera del citato autore, ho mostrato fin dove le teorie applicate alla costruzione del nostro ponte si accordano con quelle da esso esposte. Così le sue dottrine servendo di base allo stato comparativo da me esibito; ogni architetto avrà una sicura guida, coll' ajuto della quale potrà più facilmente attingere quel grado di sicurezza e di perfezione, il cui conseguimento era malagevole per lo innanzi; ed ovvierà eziandio i sinistri accidenti che danneggiar potrebbero gli uomini ed i lavori.

La completa versione però di un rapporto del medesimo signor Navier al suo Direttor generale, contribuirà più che ogn' altra cosa allo sviluppo ed all' ordine delle idee che acquistar debbonsi generalmente rispetto a' ponti sospesi: ma prima di ciò fare uopo è ch' io descriva in succinto il modo con cui si procedette alla costruzione del nostro ponte in Vienna.

Il bisogno di rendere trafficabile le due rive del braccio del Danubio che attraversa questa metropoli, traffico eseguito finora nelle zattere con più o meno pericolo e disagevolezza, come pure le più soddisfacenti notizie sulla riuscita dei ponti a catene di ferro in altri paesi di Europa,

(1) Rapport à Mons. Bequey, conseiller d' état, directeur général des ponts et chaussées, et des mines; et mémoire sur les ponts suspendus; par Mons. Navier, ingénieur en chef au corps royal des ponts et chaussées, Paris 1823.

mi' indussero a domandare una sovrana concessione circa l'innalzamento d'un ponte dell' istessa natura. Il capitale occorrente di 65,000 fiorini in moneta sonante sorpassando però i mezzi di cui poteva io disporre, ebbi ricorso alla formazione di una società di azionarj. Le dimande avanzate al nostro graziosissimo Sovrano sopra entrambi questi oggetti furono accolte: e Sua Maestà Imperiale si benignò di dare nel 1824 positive assicurazioni perchè fosse eretto un ponte nel sito propostole. Anzi piacendole di attestare al Pubblico l'onorevole protezione che accordar volea ad una tale intrapresa, dispose altresì d'incaricarsi del piano dell'esecuzione il Direttore del corpo idraulico dell'Austria inferiore, il quale appunto allora ritornava da un viaggio fatto in Inghilterra per ordine del Governo, affin di conoscere da vicino il sistema di simili ponti. Questo piano servì di norma alla compagnia de' capitalisti: e veduto l'importo della spesa ricavato dallo scandaglio il Governo decretò che atteso il rimborso dovuto agli azionarj per l'esito faciendo, ciascun individuo di passaggio sul ponte fosse in obbligo di pagare per lo spazio di quarant'anni un soldo per ogni volta. Frattanto io non tralasciava di cooperarmi per lo stabilimento della società; e dopo non molto tempo ebbi la soddisfazione di veder realizzato il mio progetto mercè la sottoscrizione di 50 individui di ogni classe di persone, promettendo essi di anticipare nella prima adunanza 310 azioni di 100 fiorini l'una.

Ed in particolare mi riuscì di persuadere S. A. il principe di Trauttmansdorf Weinsberg Ferdinando, maggiordomo maggiore di S. M. I. a dichiararsi il protettore della so-

cietà. In tal guisa trovandomi nello stato di metter mano al lavoro, ed ottenute più precise autorizzazioni sulla località, incominciassi l'opera nel giorno 11 di settembre del 1824 sulla sponda destra del Danubio, presso il palazzo del principe Rasumovsky, dirimpetto al gran Viale del Prater.

Alcune difficoltà incontrate sulla sponda medesima e che ritardarono considerevolmente la costruzione, consistettero nel dover piantare quasi nell'acqua il corpo inferiore della pila del ponte. Ciò avvenne perchè si era ordinato dal Governo che la stessa riva dovesse rendersi più regolare, con ridurre l'alveo del fiume ad una larghezza pari a quella presso il ponte Francesco. Ma per buona fortuna, per mezzo di altre spese rilevanti non calcolate nello scandaglio, furono tolti o superati a tempo questi ostacoli; attesochè appena scorse quattro settimane dall'incominciamento dell'opera, cresciute a dismisura le acque, cosa per altro non ordinaria, tutt'i lavori esistenti nella platea, e specialmente quelli della sponda sinistra ne rimasero sommersi. Lo scavamento delle terre per le fondazioni trovavasi allora già fatto, compiuta la maggior parte delle palafitte; e nel sito delle spalle presso le due rive questo accidente avrebbe cagionato più danno se le fabbriche costruite sul graticolato e che servono di basamento alle due pile non si fossero trovate giunte all'altezza di 13 piedi sul livello ordinario del fiume. Il più sensibile pregiudizio recato da tali escrescenze fu l'aver le acque non solo ammolito tutto il terreno, ricavato dallo scavo delle fondamenta e regolarmente ammassato, ma benanche ampliato lo scavo stesso; per modo che ci volle una quantità di materiali

maggiore di quel che si era creduta necessaria nello scandaglio. Tutto ciò unitamente ad alcuni lavori provvisorj fatti durante l'inondazione per proteggere il resto della costruzione produsse nuove spese imprevedute. Sopraggiunto poi l'inverno altra cosa non potè farsi se non proseguire nei momenti favorevoli le palafitte, e le altre fabbriche entro terra; e fu d'uopo attendere sino al termine di marzo del 1825 per essere nello stato di rimetter mano alla muratura. In fine spingendo sempre più oltre nell'està dello stesso anno e con grande attività tutte le parti della costruzione, essa videsi perfettamente compiuta nei mesi del prossimo autunno. E se per ottenere un tal compimento si eccedè di alquanto il tempo creduto bastevole a stabilire il ponte, ciò devesi ascrivere al concorso delle cagioni poc' anzi indicate, insieme ad alcuni altri ostacoli derivanti dalla novità dell'intrapresa.

Onde meglio comprendere quanto sarò per dire sulla costruzione del nostro ponte, ho accompagnata la presente opera con tavole eseguite colla massima diligenza possibile e colla rispettiva spiegazione delle figure in esse delineate. Chiunque volesse poi avvalersi della perizia da me acquistata nella pratica delle operazioni per aver dei consigli e dei rischiarimenti sulla materia in proposito, io mi dichiaro di esser sempre pronto a prestarmivi per quanto lo permetteranno le mie forze, e secondo che mi verrà concesso dalle mie particolari circostanze.

RELAZIONE

DEL

SIGNOR NAVIER

INGEGNERE IN CAPO DEL REAL CORPO DEGLI INGEGNERI
DI PONTI E STRADE IN FRANCIA

AL

SIGNOR BECQUEY

CONSIGLIERE DI STATO, E DIRETTORE GENERALE DI ESSO CORPO.

SIGNOR DIRETTORE GENERALE.



È GIA' più tempo dacchè mi fu da voi dato l'incarico d'intraprendere alcuni viaggi in Inghilterra, per ivi acquistar conoscenza intorno a tutto ciò che riguardar potesse la struttura de' ponti sospesi, ed esporvi poscia circostanziatamente in una relazione particolare i vantaggi e gl'inconvenienti che offre a mio parere questo nuovo sistema di costruzione.

Avendo io fatti colà due viaggi per tale oggetto, il primo nell'autunno dell'anno 1821, ed il secondo nella primavera del 1823, me ne sono occupato colle più esatte ricerche. La descrizione dei ponti da me veduti, non che le indagini teoriche da me praticate circa questo stesso proposito, sono annesse al presente rapporto in una memoria particolare: mi affretto intanto a ragguagliarvene i punti più essenziali

Prima di tutto egli è necessario di fissar le idee che ciascuno formar si deve della specie de' ponti di cui si tratta. La sola espressione di *ponti sospesi* non determina per quanto basta la cosa coll' esclusione di ogn' altro oggetto. Gli Svizzeri han denominato allo stesso modo alcuni ponti di legno costruiti nel loro paese, il cui pavimento trovasi sotto archi di legno che lo sostengono. In questi ponti gli archi sono rigli a rivolti alla loro convessità verso sopra; e le travi di cui si compongono sono lateralmente congiunte secondo la loro lunghezza. Nei ponti però che formano il soggetto di questa relazione, il pavimento è per l' opposto sostenuto da archi flessibili rovesciati, le di cui parti trovansi soltanto congiunte nelle loro estremità.

Siam debitori della prima idea di questi ponti agli abitanti dell' America meridionale, in dove un tessuto di cordigli serviva specialmente di mezzo per transitare le scavate delle Cordigliere. Nella Cina e nelle Indie se ne trovano anche di quelli che in vece di cordigli sono formati di catene di ferro, troppo imperfetti però per offrire agli uomini ed agli animali da soma un passaggio comodo e sicuro.

Per applicare queste prime idee alla costruzione de' ponti che fossero atti a sostenere il peso dei carri, facea d' uopo sospendere pavimenti dritti e orizzontali a catene flessibili e ricurve, e di proporzionare talmente l'estensione del ponte colla curvatura delle catene, col peso e colla resistenza delle sue parti, che il suo pavimento venisse a cedere sotto il peso de' carri tanto insensibilmente, quanto suole avvenire nei letti de' ponti di legno. Ei sembra che il signor Finley, proprietario negli Stati Uniti d' America, sia stato il primo a riuscirvi in una costruzione da lui intrapresa 27 anni addietro. Nei ponti eseguiti sotto la sua direzione i pavimenti vengono sostenuti da sponsonj verticali che partono dalle catene, le quali sono fermate a travi piantati sulle due rive. D' allora in poi il numero di simili ponti si è veduto aumentare nello stesso paese; ed il più considerevole tra essi dicesi avere una corda di metri 74.

Il signor Bélû ingegnere di ponti e strade in Francia progettò nel

1807 di gettare un ponte ad arco sospeso nel braccio del Reno ch'è tra Wesel e Ruderich dell'apertura di 250 metri. Egli non avea alcuna notizia dell'esistenza di questi ponti nell'America settentrionale, e pare di avere affatto ignorata la sospensione de' pavimenti sotto archi di catene. Nel suo progetto le catene doveano situarsi piuttosto sotto al pavimento; con che dovendo esse avere una curvatura non molto sensibile, la tensione che avrebbero sofferta sarebbe stata tanto più considerevole. L'esecuzione di questo suo progetto sebbene avesse potuto produrre un'ammontare di spese maggiore di quel che egli credeva, pur nondimeno è molto probabile che sarebbe riuscita: e però ci deve increscere di non essersi fatta in quel tempo alcuna attenzione.

Il sistema de' ponti sospesi sembra tener seriamente occupati da circa dieci anni gl'ingegneri inglesi. Il signor Telford propose nel 1813 di costruire uno di tai ponti sul fiume Mersey nella contea di Liverpool. Il medesimo dovea consistere in un grand'arco della corda di 305 metri, ed in due altri semiarchi minori ciascuno dell'apertura di 152 metri; ed il pavimento soprastare alle acque nelle più alte escrescenze di 21 metro. Finora però non v'è stato alcun principio per l'esecuzione di un tal progetto.

A contare da quell'epoca sino all'anno 1819 furono fatti in Inghilterra ed in Iscozia molti ponti dello stesso genere meno rimarchevoli, e destinati per la maggior parte a soli pedoni; il più notabile tra' quali conta un'apertura di 79 metri. Essi d'ordinario consistono in un trave piantato sopra ciascuna delle due rive del fiume che si vuole valicare, da' quali partono obbliquamente altri travi di minor dimensione per tenere colle loro estremità inferiori ed a varie distanze pensolone il pavimento. Un ponte costruito in simil guisa sopra uno de' fiumi di questi due paesi fu totalmente distrutto in una tempesta dopo di aver molto sofferto in diversi rincontri; il che fu poco favorevole a questa specie di costruzione, proposta assai tempo innanzi dall'architetto signor Poyet.

Il signor Telford progettò nell'anno 1818. la formazione di un ponte sospeso sullo stretto che separa l'isola Anglesea dall'Inghilterra.

La lunghezza del pavimento, 30 metri superiore al livello delle acque, è di 152 metri, e la distanza dei punti di sospensione delle catene di metri 171.

L'esame di questo progetto da farsi per mezzo di una commissione d'individui scelti fra membri della Camera de' Comuni dette luogo ad una quantità di sperimenti di molto rilievo, i cui risultati in grande confermarono appieno le nozioni che si avevano sulla resistenza del ferro, e fecero stabilire la grossezza da darsi alle differenti parti delle catene.

Gl'ingegneri chiamati dalla Commissione per dare il loro parere sulla riuscita di una tale intrapresa furono tutti d'accordo nel dire, che il genere di ponti di cui si tratta, senza esibire il menomo pericolo ed inconveniente, potea servire comodamente al transito delle vetture. Il signor Nennie dichiarò anzi, ch'egli ne considerava la costruzione come utilissima allo Stato. L'opera fu quindi incominciata nel 1820, e doveasi terminare nel 1824.

Il capitano Brown, proprietario di una fabbrica di gomme di ferro per la marina, fu il primo ad erigere in Inghilterra un ponte sospeso per lo passaggio di carri. Il medesimo costruito sul Tweed presso il porto Berwick venne aperto al Pubblico il dì 26 Luglio del 1820. La lunghezza del suo pavimento è di 110 metri, la sua larghezza di metri 5 e mezzo, e la distanza dall'un punto di sospensione all'altro di 132 metri. Fin dal primo giorno fu desso costantemente frequentato, e non ebbe a soffrir mai alcun sinistro accidente. Egli è vero che il pavimento cede alquanto sotto la pressione delle vetture di molto peso, e che la naturale elasticità del ferro non lascia di produrre sensibili vibrazioni: ma da ciò non ridonda all'opera il menomo pregiudizio; ed è forza confessare che le più solide costruzioni de' ponti di altro genere, e per sino quelli costruiti di fabbrica, non vanno del tutto esenti da tali effetti del peso.

Dall'esperienza che si ha del ponte gettato sul Tweed, il quale è in se stesso molto leggero, convien persuadersi che non ostante la flessibilità delle catene e del pavimento, i ponti sospesi possono es-

sere di una fermezza e di una comodità pari a quella degli altri ponti; ed in essi non esiste alcun movimento ondulatorio, quantunque non si adopero per impedirlo alcun sostegno diagonale.

Lo stesso capitano Brown ha costruito in Forth, seno di mare presso Edinburgo, uno sbarcatojo sospeso a catene di ferro. Quest' opera eretta nella stat. del 1821 e composta di tre archi ciascuno della corda di 64 metri, offre ai pedoni il vantaggio di trasferirsi dalla sponda al sito in cui le navi vengono caricate delle loro merci, attraversando un tratto di mare sopra tavolato, sostenuto da catene che poggiano su palafitte piantate nell'acqua. Egli attualmente costruisce a Brighthon un simile sbarcatojo d'una grandezza anche più rimarchevole.

Nella memoria che accompagna la presente relazione, io ho inserita una lettera del medesimo capitano, dalla quale apparisce essere queste opere di un gran vantaggio all'imbarco ed allo sbarco delle truppe, e delle mercanzie de' negozianti; come pure si riguardano da lui atte per le navi che minacciate dalla burrasca vi rifuggono. Il contenuto di essa lettera potrà giovare a quegli ingegneri, che trovansi incaricati della condotta di lavori marittimi.

Le ultime costruzioni di ponti sospesi che abbiano avuto luogo in Inghilterra sono quelle progettate ed eseguite dall'ingegnere civile signor Brunel nell'isola Borbone. Una di esse è composta di due semi-archi, ed un'altra di un'arco intero della corda di 37 metri, e sono entrambi servibili per carriaggi leggeri. Nella prima si osserva l'impiego d'una pila di fabbrica nel mezzo del fiume; espediente ch'è in molti casi di sommo vantaggio; e tutte e due hanno al di sotto de' loro pavimenti delle catene situate in senso contrario, onde possano essi meglio resistere all'impeto de' venti.

Le descrizioni e i disegni che appartengono all'annessa memoria daranno un'idea più completa del sistema de' ponti in quistione, essendomi ingegnato di spiegarne con chiarezza tutte le parti per non lasciar cosa da desiderare a coloro che occupar si vogliono di simili progetti.

Convieni ora, signor Direttore Generale, che io vi esponga il mio parere su questo nuovo genere di costruzione, e vi accenni le ricerche da me praticate intorno allo stesso soggetto per sempre più approfondire solidamente le proprietà che lo riguardano.

Il primo più importante materiale impiegato quasi esclusivamente nella struttura de' ponti sospesi è il ferro battuto. La maggior parte delle armature de' tetti di copertura a' teatri e ad altri grandi edifizj, vengono congegnate con perni e spranghe di ferro. Ci serviamo anche spesso del ferro per rafforzare le volte di fabbrica, o per rivestire la faccia esteriore delle chiusure delle porte. Gli architetti italiani tralasciano anzi frequenti volte di celare alla vista de' riguardanti il ferro ch'essi impiegano nelle loro fabbriche. La navata del duomo di Milano composta interamente di marmo bianco è tutta incrociata di spranghe di ferro battuto. Anche in Roma la gran cupola della chiesa di S. Pietro è cinta, al pari di molte altre chiese d'Italia, di cerchioni di ferro; e questo ripiego ha esibito un mezzo semplice nommeno che poco dispendioso per sottrarre alla rovina le volte di enorme grandezza, mentre ogn'altra riparazione di differente natura non andrebbe disgiunta da moltissime difficoltà.

Questi esempj valgono a comprovar la possibilità di sospendere dei pavimenti a catene di ferro di sufficiente robustezza; e si diviene tanto più certo del buon successo, quanto maggiore è il numero delle catene che si adoperano indipendenti tra loro; giacchè allora se si suppone spezzarsi una di esse, non è poi probabile che le altre si rompano all'istesso tempo. Prima però che la verità di questo fatto ci venisse attestata dall'esperienza e dai calcoli, vi era luogo a dubitare se queste costruzioni fossero suscettibili di una sodezza e di una inflessibilità da permettere impunemente su di esse il transito de' carri di molto peso. Potessi altresì temere il movimento ondulatorio prodotto dalla furia dei venti e dall'urto dei carri stessi; come del pari era assai malagevole di determinare precedentemente la estensione e la durata delle oscillazioni e del tremito delle catene, trattandosi di una sostanza molto elastica, quale è senza dubbio la materia del ferro.

La riuscita de' ponti sospesi nell' America settentrionale e nell' Inghilterra ha pienamente corrisposto all' aspettativa in cui si era. Si sa ora di fatto, che in tutti i ponti costruiti à similitudine di quello del capitano Brown sul Tweed non esiste movimento ondulatorio; che il pavimento è dotato d' una stabilità e d' una rigidezza sufficiente; e che il trenito delle catene nascente dalla elasticità del metallo di cui sono esse composte, non è così forte da render fastidioso il passaggio sul ponte. Quindi i vantaggi di questo ingegnoso sistema non sono che perfettamente sicuri, qualora la grossezza delle catene è proporzionata al peso che debbono sostenere.

Onde poi le catene abbiano la necessaria resistenza, due condizioni conviene osservare: la prima, che il ferro sia così grosso quanto basti; e la seconda che sia ben lavorato. Si perviene ad ottenerle entrambe col conoscere in primo luogo per mezzo di calcoli lo sforzo cui debbono reggere le catene, e la grandezza che bisogna dare alle loro maglie; ed in quanto alla seconda condizione, la bontà del lavoro si rileva dall' assoggettare le catene ad una tensione maggiore di quella che debbono realmente soffrire.

Con queste cautele si è nel caso di procedere con ogni fiducia alla esecuzione dell' opera, malgrado l' obbiezione che si possa fare che le qualità del ferro vadano a cangiarsi in progresso di tempo. Egli è vero che la massima parte de' materiali per costruzione sono sempre soggetti a questa legge; ma è d' altronde indubitato, che il ferro è quello tra tutti essi che è meno sottoposto a siffatti cangiamenti. Per ciò che riguarda poi il sottrarre il ferro all' azione dell' umidità atmosferica, vi si rimedia ugnendolo della solita vernice ad olio. L' incostanza di temperatura non può quì operare alcuna frattura, come spesso avviene alle corde che si distendono sugli strumenti; stantchè la tensione del ferro ne' ponti sospesi è di gran lunga meno considerevole di quel ch'è sia negli strumenti stessi. In questi vi è aumento di tensione nelle corde per la ragione che la presenza dell' umidità atmosferica fa crescere di volume la materia dell' istrumento, dal che deriva poscia l' immediato

spezzarsi di quelle. Nei ponti sospesi al contrario, sia che il ferro venga ristretto dal freddo, sia ch'esso si dilati per effetto del caldo, non vi si produrrà giammai un divario molto rimarchevole: la maggiore o minore tensione delle catene emerge principalmente dal peso del ponte che è sempre lo stesso, e dalla curvità loro la quale è a un di presso costante. L'azione del freddo sulle chiavi e sulle spranghe di ferro, le quali stringono e circondano le muraglie e le volte sono di assai più pericolose conseguenze.

Molti son di parere che il ferro possa cangiarsi nelle sue fisiche proprietà, qualora vengr mantenuto in continuo movimento dal rapido e frequente passaggio delle vetture. Gli effetti del tremito sulle fibre del ferro non sono sinora abbastanza note. È innegabile, che le molle di acciaio degli orologj e le balestre delle carrozze vadano dopo lunghissimo tempo a spezzarsi il più sovente nelle loro estremità; ma accidenti di simil fatta non sono che molto rari, e non se n'è ancora conosciuta per quanto conviene la ragione. L'esperienza di lunga serie di anni potrà solo convincerci, se tali accidenti possono o no aver luogo nei ponti sospesi: però è osservabile che il ferro impiegato ne' ponti sospesi è meno esposto a commozioni sì violenti e rapide, di quel che sia negli orologj e nelle carrozze. D'altronde la natura del ferro battuto è diversissima da quella dell'acciajo e del ferro fuso, che sono per se stessi più soggetti a spezzarsi: ne' casi in cui trovansi esposti a tensioni non resistono bene agli effetti degli urti.

Nel più gran numero de' ponti di legno o di ferro soglionsi disporre talmente le loro parti più essenziali, che le medesime possano venir sostituite da altre, tutte le volte che si veggono danneggiate. È certo però che simili operazioni non si eseguono sempre senza difficoltà: e ne' ponti ad archi di ferro fuso non si è mai intrapreso, per quel che io sappia, di toglierne un pezzo senza dislogare anche tutto il rimanente. Il sostituire all'opposto nei ponti sospesi, per esempio, un anello nuovo ad un'altro divenuto inservibile, è affatto sgombrato da difficoltà;

ed in ciò fare non v'è alcun accidente che devesi temere in contrario. La disposizione de' pezzi è tale, che mediante semplicissimi preparativi, e quasi senza nemmeno impedire l'uso del ponte, si può sollevare il pavimento, accorciare se siasi allungata ciascuna delle catene che lo sostengono, e ridurla di bel nuovo nello stato che si richiede. Per la qual cosa, venendosi a deteriorare talune di queste costruzioni, con accomodi facili e poco dispendiosi si possono sempre riparare completamente, e mantenerle in siffatta guisa per lunghissimo tratto di tempo.

L'erigere ponti di fabbrica importa, che si svelgano prima dalla terra e dalle rupi grandi massi di materiali, si trasportino indi non senza molta pena e pericolo sulla sponda del fiume che si vuol valicare, e si dispongano quivi con diligenza per categorie. Questi ponti sono spesso decorati di tutti gli ornamenti dell'Architettura; ed una lunga abitudine nel costruirli ce ne ha renduti familiari i lavori. Ciò non ostante non si lascia negare, che i ponti sospesi ad archi di catene sieno il risultato d'un più sublime slancio dell'ingegno umano. La composizione delle catene di ferro si confa più che ogn'altro materiale per fabbrica ai requisiti di un sistema di ponti: esse sono sempre di minor dispendio ed incomparabilmente più leggere. E qui cade a proposito di osservare, che il più delle spese fatte per la costruzione de' ponti di fabbrica sono ordinariamente impiegate al trasporto de' materiali, ed al salario di travagliatori ch' eseguono soltanto i lavori più grossolani, procacciandosi appena quanto basti al loro scarso sostentamento; laddove poi impiegato lo stesso capitale alla costruzione de' ponti sospesi, si offre un lavoro convenevole ad uomini di migliore industria, al cui sostegno è senza dubbio più propenso lo Stato.

La proprietà caratteristica di questi ponti è riposta nel formar essi un sistema flessibile in cui l'equilibrio si mantiene sempre costante, cioè a dire che senza il menomo pericolo delle loro parti costitutive prendono essi per effetto d'una causa che vi agisce, un aspetto diverso da quel che aveano, ritornando a ripigliare la loro forma primitiva quando la medesima se n'è allontanata. Ciò non accade nei ponti di diverso ge-

nere: se subiscono essi alcun cangiamento nella loro forma, tutta la resistenza che si è lor data nel costruirli non è bastevole a farnele disparire novellamente. Per lo che ai loro archi si deve assegnare sin dal bel principio una forza capace di far fronte alle più gagliarde pressioni; badando pure di proporzionare il tutto in maniera che la volta non rovini lateralmente. La spessezza delle volte dei ponti finora in uso cresce in una ragione assai maggiore di quel che cresce la loro corda: d'onde nasce che non si fanno mai molto considerevoli le corde istesse.

I ponti sospesi all'incontro sono principalmente atti ad essere costruiti sulle più grandi aperture: il primo costruttore di tali ponti in Inghilterra non esitò un momento a dargli una corda che sorpassa in lunghezza quella de' più arditì archi di ferro fuso.

Dal rapporto che havvi tra la grossezza delle catene di ferro e l'ampiezza dell'apertura del ponte, si rileva che i limiti di quest'ultima sono molto estesi, se si giungono a stabilire punti di appoggio delle catene ad una elevazione competente. Si può con gran facilità costruire un ponte lungo 500 metri, se si fanno i pilastri alti 30 metri; ed un'opera di tal natura al cui buon esito non si debbe avere alcun dubbio, non cagionerà in verun modo gran dispendio.

Un'altra proprietà vantaggiosa di questa specie di ponti è che possono essi costruirsi senza essere nell'obbligo di formar precedentemente i rispettivi ponti di servizio. Si congiungono l'un dopo l'altro i membri delle catene, si legano alle medesime de' palchi volanti, su cui messi in ordine e collocati al loro luogo i sospensorj, si congegna nel modo che conviene il pavimento. Sarebbe al certo ben difficile, se non pure impossibile, di piantare per lo tratto di 150 sino a 200 metri cui pareggerebbe l'apertura d'un ponte, de' ponti di servizio o castelletti ordinarij in mezzo a ripidi borroni, o in uno stretto di mare le cui onde si trovassero agitate; il che sarà evitato facilmente coll'adoperare i palchi volanti, de' quali si fa uso nello stabilire i ponti sospesi.

Nella costruzione di questi ponti egli è di una importanza primordiale il conoscere con esattezza la forma che prendono le catene, e tutte

le forze che agiscono nelle diverse parti dell'opera. La curva descritta dalla catena ne' ponti sospesi sarebbe propriamente quella conosciuta dai matematici sotto il nome di catenaria, esigendo essa una ripartizione uniforme del peso totale sulla lunghezza della catena. Siccome però non tutto il peso della costruzione ma soltanto la maggior parte ne viene ad esser distribuito uniformemente sulla corda che si concepisce unire gli estremi della catena; così la curva da questa descritta avvicinasì più alla parabola che alla catenaria; e come tale sarà da me considerata in prosieguo.

La semplicità delle espressioni analitiche concernenti le proprietà della parabola offre un mezzo molto facile per le ricerche e pei calcoli relativi ai ponti sospesi. La prima conseguenza che si ritrae si è, che in due diversi ponti, supposti i loro pesi proporzionali alle lunghezze de' pavimenti e simile la forma degli archi, le tensioni delle catene sono in ragion diretta dell'apertura degli archi; che se poi la forma degli archi è dissimile, le medesime tensioni sono in ragion diretta dei quadrati delle aperture, e in ragione inversa delle siette degli archi.

Stabilita la forma che deve darsi alla catena, affin di esservi equilibrio nella costruzione abbandonata a se stessa; nasce in primo luogo la quistion di sapere, qual cangiamento subirà questa forma nel passaggio de' pesi sul pavimento. In questa memoria si troveranno indicati i metodi atti a far conoscere in tutti i casi possibili i cangiamenti che possono aver luogo. Le ricerche all' uopo fatte conducono a questo importantissimo risultato, che supposto cioè lo stesso carico nel centro di due pavimenti di varia lunghezza, sostenuti però da archi simili di catene, i pavimenti si abbasseranno per la medesima quantità qualora i pesi dei due ponti sieno proporzionali alle lunghezze de' loro pavimenti. Una tal conseguenza resta costantemente vera, sia che si considerino le catene come non distendibili, sia che si abbia riguardo all'elasticità del ferro. Quindi non v'ha più motivo di credere che i pavimenti divengano più flessibili se cresce la loro lunghezza: essi diventeranno anzi più rigidi secondo

*

che saranno più lunghi, perchè una corda più lunga richiedendo una più considerevole grossezza nelle catene, ad una unità lineare del pavimento corrisponderà sempre un peso maggiore.

Per determinare la grossezza da darsi al ferro delle catene bisogna, che unitamente alla conoscenza della tensione sappiasi eziandio la forza cui può resistere il ferro senza soffrire alcun detrimento. Da conosciute sperienze si è rilevato, che una spranga di ferro della sezione di un millimetro quadrato si rompe sotto il carico di 45⁰ kilogrammi. Questo fatto è principalmente fondato sopra sperienze eseguite in grand'Inghilterra, i risultamenti delle quali ho creduto necessario di aggiungere in fine della presente relazione. Queste stesse sperienze han provato inoltre, che molte specie di ferro posseggono la proprietà di allungarsi, allorchè vengono stirate nel senso delle loro lunghezze: ed in generale incomincia questo allungamento, quando la carica è giunta ad essere poco più della metà di quella occorrente per operar la frattura. Insieme colla dilatazione va sempre unito un cangiamento sensibile nella natura e nelle qualità del ferro; e non è perciò cosa prudente di formar le parti che costituiscono le catene così che possa aver luogo la dilatazione. Io quindi sono di avviso che si possa contare con ogni sicurezza sulla forza delle catene, qualora la carica massima ch'esse debbono sostenere non sorpassi il terzo del peso bastevole a spezzarle. Siffatta regola sembra di essere stata anche osservata in Inghilterra relativamente alla grossezza delle catene impiegate in diverse costruzioni, e deve generalmente seguirsi finchè ulteriori sperimenti non avranno diffuso maggior lume sullo stesso soggetto.

Dai saggi sulla elasticità del ferro, di cui andiam precipuamente debitori al signor Duleau, noi conosciamo quanto poco significanti sieno le dilatazioni che soffrono le spranghe di ferro sotto qualunque tensione, senza recar pertanto alcun danno alle loro fisiche proprietà. Io ho date delle formole per determinare le conseguenze delle medesime non meno che quelle degli allungamenti prodotti da un aumento di temperatura nell'atmosfera. Sono con particolarità importanti le ricerche di tal na-

tura rispetto all' influenza di simili effetti sullo stato di equilibrio delle pile considerate come punti di appoggio delle catene, perchè sul letto del ponte, tranne un'abbassamento costante di niun pregiudizio, gli allungamenti non influiscono in modo sensibile; nelle pile al contrario, a cominciare dalla loro sommità fino al loro piede, possono essi produrre non che significanti, ma pur pericolosi movimenti.

È nota la proprietà che hanno i legni, di opporre grandissima resistenza ad una forza che agisce per impezzarli nel senso della loro lunghezza. Da ciò è sorta naturalmente l'idea d'impiegare questo materiale alla costruzione di ponti sospesi. L'adoperare delle catene di legno in vece di catene di ferro sarebbe cosa per certo assai più facile e meno dispendiosa; ma in contraccambio si avrebbero anche maggiori oscillazioni verticali, perchè la loro elasticità (causa primordiale delle oscillazioni) è del pari più considerevole. Del resto sarebbe desiderabile che si facessero de' tentativi su questo nuovo genere di ponti, i quali risulterebbero senza dubbio di minor costo, e più durevoli di altri ponti di differente struttura.

Il pavimento del ponte può esser sostenuto da catene non meno che da travi obliqui fermati col loro estremo superiore alle pile, e coll' estremo inferiore al pavimento. Il signor Poyet ha fatto un progetto di questo tenore; e di tale specie in Scozia si sono eseguiti de' piccoli ponti destinati a semplici pedoni. Ultimamente taluno si è avvisato di proporre, che le travi in luogo di partire da uno stesso punto delle pile, procedessero da diversi punti delle medesime paralleli fra loro, fino ad incontrare, decrescendo sempre nella loro grossezza, coll' altro estremo il pavimento; il quale modo mi sembra il più confacente per siffatto genere di costruzioni; queste però hanno delle rispettive proprietà particolari da farne cader la scelta sopra le une piuttosto che sulle altre secondo i diversi casi. Se si paragona la spesa per la costruzione de' ponti a catene di ferro con quella necessaria per la costruzione di altre specie di ponti sospesi, posta uguale la lunghezza de' pavimenti ed uguale il peso cui essi dovranno reggere; si troverà un piccolo divario fra loro:

il che sarà pure in vantaggio de' ponti a catene di ferro. Si può dunque appena dubitare della preminenza che questo ultimo sistema vanta su tutti gli altri, offrendo esso la maggior sicurezza possibile, ed avendo l'esperienza che depona in suo favore.

I risultati ottenuti finora dalle ricerche esposte di sopra presuppongono l'opera nello stato di equilibrio e di riposo, e per conseguenza coincidono perfettamente coll'esperienza e col fatto. Mi rimane ora a parlare degli effetti che produce il peso de' carri considerati in moto sul pavimento; e sotto questo punto di veduta i risultati che siamo per averne avranno un carattere ben diverso da quello de' precedenti. La maggior parte delle quistioni che si propongono intorno ai corpi concepiti in movimento, abbraccia un non so qual giro troppo ampio ed esteso per potersi rispondere in tutte le loro parti: le indagini che le riguardano esigono un'arte propria la quale consiste nello stabilire, in vece di problemi la cui soluzione è nella natura, altri quesiti i cui risultamenti hanno la massima rassomiglianza possibile col vero. A misura che andrà perfezionandosi l'analisi matematica, si sarà sempre più in istato di risolvere con esattezza i problemi che han rapporto coi fenomeni di cui è quì parola; e se i valori che si deducono intanto dalle formole non sono perfettamente di accordo colla realtà degli effetti, essi ne rischiarano almeno le leggi. L'arte è quasi pervenuta ad aprirsi un cammino attraverso agli ostacoli che l'ingombravano; ma non si è avuto sempre riguardo alle differenze esistenti tra l'atto e le ipotesi stabilite pel calcolo, e si è accordato ai valori ritrovati una considerazione ed una fidanza troppo diffinitiva. Errori di questa sorta han fornite indi materia al proverbio sì universale, che la teoria non coincide col fatto: opinione del tutto falsa e senza fondamento, che non prenderà mai radice in un corpo sì istruito qual'è quello degl'ingegneri di ponti e strade.

Nelle perquisizioni relative alle proprietà de' ponti sospesi, i risultati che per lo più si ottengono dallo scioglimento de' problemi eccedono di molto ciò ch'è per fatto; il che offre al costruttore il vantag-

gio di non aver bisogno di altre notizie di tal natura nell'esecuzione delle opere. Volendo a cagion di esempio conoscere le oscillazioni delle catene nei ponti sospesi, dal sopporre le medesime perfettamente flessibili si ha evidentemente in fine un valore che sorpassa d' assai gli effetti reali; ed è chiaro ugualmente che la cognizione esatta della quantità delle oscillazioni non è assolutamente necessaria, se ci conteniamo nella costruzione tra quei limiti a cui il fatto mai non perviene.

Queste considerazioni sono state appunto quelle che mi hanno indotto ad investigare le leggi del moto, che dagli urti de' carri si genera sul pavimento. Mi è parso ch'esso moto possa essere considerato sotto due aspetti diversi; nel primo de' quali il medesimo derivi dallo scostarsi che fanno i varj punti della catena dalla posizione in cui trovansi nello stato di equilibrio, sollevandosi ed abbassandosi in uno stesso piano verticale; nel qual caso si produce nelle catene un movimento ondulatorio, che è una conseguenza immediata della propria flessibilità. L'ho considerato anche come un moto nascente dalla elasticità del ferro, in cui le parti elementari allontanandosi ed accostandosi vicendevolmente nel senso della lunghezza delle catene, fan seguire in queste delle vibrazioni sussultorie, durante le quali le catene si allungano e si accorciano alternativamente. Entrambi questi movimenti succedono in natura sempre confusi fra loro e nello stesso tempo: ma il calcolo può separarli, e cercare di discernere per ciascuno le leggi che lo riguardano. Per pervenirvi ho supposto in vece di catene un filo di ferro perfettamente flessibile e fisso nei suoi estremi, uniforme in tutta la sua lunghezza e incapace di distendersi, con un peso nel suo mezzo; indi mi sono impegnato di determinare le oscillazioni che nascono dall'imprimere al peso una data velocità. In secondo luogo ho supposto, che il filo di ferro nell'atto ch'è dotato d'una somma flessibilità, sia al tempo stesso eminentemente elastico, ed ho indagato del pari le leggi del movimento di vibrazione derivante dalla velocità comunicata al peso medesimo. I risultati ottenuti dalle soluzioni con tali ipotesi rappresenterebbero con mediocre esattezza gli effetti dell'urto d'un carro

nel mezzo del pavimento, se si sapesse con precisione la celerità colla quale il carro camina e con cui incontra e sorpassa un ostacolo, l'altezza di questo, e la caduta del carro sul pavimento, non che la velocità comunicata ai più vicini punti della catena. Ma poichè questi movimenti della caduta del carro si partecipano prima al pavimento, indi ai sospensorj, ed in seguito alle catene; la velocità della caduta viene naturalmente ad esser diminuita nel comunicarsi a queste ultime, ed i valori finali in cui non si tien conto di siffatta diminuzione additeranno de' limiti troppo eccedenti, che il fatto non potrà mai oltrepassare.

Un' osservazione di grave importanza si presenta su questo proposito. Lo scioglimento di tali quistioni tende al doppio scopo, di determinare da una parte i valori e le grandezze che si cercano, e dall'altra di stabilire il rapporto che passa tra diversi ponti. Se sono sensibili le differenze tra i risultati ottenuti dal calcolo, e quelli degli effetti naturali di un ponte; non saranno egualmente sensibili le differenze di tali risultati paragonati fra loro, rispetto a diversi ponti. Per la qual cosa osservate e calcolate una volta le conseguenze degli urti in una costruzione, per esempio in quella del Capitano Brown sul Tweed, si è nel caso di giudicare della maggiore o minore loro efficacia in tutti gli altri ponti dello stesso genere. Con questi principj i risultati che sono per esporre possono esser tenuti come molto prossimi al vero.

Nelle oscillazioni verticali delle catene, vale a dire nel vicendevole sollevarsi ed abbassarsi di ciascun punto delle medesime, in seguito di un urto impresso verticalmente, si deve distinguere; 1.° la direzione secondo la quale muovonsi questi punti; 2.° l'estensione del movimento, cioè la lunghezza dello spazio percorso dai punti della catena allorchè si scostano dalla posizione in cui si trovano nello stato di equilibrio; 3.° la velocità colla quale essi si muovono; (essendo però varia una tal velocità durante il movimento, noi pensiamo di doverci calcolar la massima, e così sempre intenderemo in appresso); 4.° finalmente la durata delle oscillazioni stesse. Ciò posto se vi sono

due ponti a catene, di archi di differente grandezza, e si supponga che i pesi costanti de' ponti sieno proporzionali alle rispettive lunghezze de' loro pavimenti (1), ed inoltre che i pesi di due corpi qualunque (che movendosi sui pavimenti di essi ponti vi producano degli urti per gli ostacoli che incontrano) sieno minori dei pesi rispettivi dei ponti stessi : risulta da' calcoli fatti all' uopo, 1.° che i punti delle catene si muovono ed oscillano senza uscir mai dal piano verticale nel quale si trovano; 2.° che le quantità delle oscillazioni, messo uguale tutto il rimanente, sono in ragion diretta delle radici quadrate delle siette degli archi, e nella ragione inversa delle corde de' medesimi; e se gli archi sono simili, le quantità delle oscillazioni sono in ragione inversa delle radici quadrate delle lunghezze dei pavimenti; 3.° che le velocità dei punti delle catene, indipendentemente dalle siette degli archi, sono in ragione inversa delle lunghezze dei pavimenti; 4.° che al contrario le durate delle oscillazioni sono in ragion inversa delle radici quadrate delle medesime siette.

La quantità e la velocità delle oscillazioni saranno tanto più piccole, quanto minore sarà il peso del carro che imprime l'urto in confronto del peso costante della costruzione. Da queste teorie si ricava dunque che un ponte è tanto più solido, 1.° quanto è maggiore il suo peso relativamente alla lunghezza del pavimento; 2.° quanto più considerevole è la lunghezza di esso pavimento, e piccola la curvatura delle catene.

Rispetto alle vibrazioni sussultorie bisogna anche quì distinguere; 1.° l'estensione dello spazio che ogni punto della catena percorre or giù ed ora su, secondo la direzione della lunghezza della catena nello stato di equilibrio; 2.° il rapporto con cui succedono gli allungamenti e gli accorciamenti delle parti elementari della catena; 3.° la

(1) Le lunghezze de' pavimenti s' intendono riferite ad una medesima unità, alla quale pure si riferiscono le lunghezze delle corde e delle siette degli archi delle catene.

velocità de' movimenti; 4.° la durata delle vibrazioni. Da' valori analiticamente ottenuti, e dal supporre i pesi de' ponti proporzionali alle lunghezze de' rispettivi loro pavimenti, segue; 1.° che l'estensione dello spazio percorso dai punti della catena è nella ragione della potenza $\frac{3}{2}$ della saetta della curvità della catena, e nella inversa della potenza 3.ª della corda dell' arco; cosicchè in ponti di differente lunghezza in cui però son simili gli archi delle catene, una tale estensione è nella ragione inversa della potenza $\frac{3}{2}$ della lunghezza del pavimento; 2.° che gli allungamenti e accorciamenti vicendevoli delle parti elementari della catena sono nella ragione diretta della potenza $\frac{3}{2}$ della saetta, e nell'inversa della potenza 4.ª della corda dell'arco; per modo che in ponti di differente grandezza e di curvatura simile nelle catene, siffatti allungamenti sono nella ragione inversa della potenza $\frac{3}{2}$ della lunghezza del pavimento; 3.° che le velocità de' punti della catena sono nella ragione diretta della saetta, e nell'inversa del cubo della lunghezza del pavimento del ponte; in guisa che in ponti di differente grandezza e di curvatura simile, le velocità decrescono in proporzione del quadrato della lunghezza del pavimento del ponte; 4.° finalmente, che la durata delle vibrazioni è nella ragione della radice quadrata della saetta della curva descritta dalla catena. L'estensione dello spazio percorso dai punti della catena, gli allungamenti e gli accorciamenti vicendevoli delle parti elementari della medesima, e le velocità de' punti stessi sono del resto proporzionali al quadrato del peso di quel corpo che urta sul pavimento. Si desume da ciò, che gli effetti de' quali si tratta saranno meno sensibili a misura che più grande è il peso del ponte, più lungo n'è il pavimento, e meno grande la curvità della catena. La efficacia dunque di tali effetti decresce in una progressione molto più rapida, se si aumenta la materia, o la lunghezza e l'estensione dell'opera.

Le catene costituiscono la parte più essenziale de' ponti sospesi; ed è perciò necessario di preserverle da ogni danneggiamento. Per riguardo ai sospensorj dai quali vien sostenuto il pavimento, è da osservarsi

che i primi costruttori, a causa che i sospensorj sono più immediatamente esposti all'impressione degli urti, han creduto di doverli fare anche più robusti delle catene. Si dà loro una grossezza maggiore anche sull'altro riflesso di dover essi resistere ad una forza che agisce verticalmente, qualora la costruzione è nello stato di equilibrio o sia di riposo. I calcoli danno conto di questa circostanza, e dilucidano e stabiliscono i principj che seryono di norma nei casi simili. Essi dimostrano, che le vibrazioni le quali succedono nei sospensorj dopo l'urto, nel senso della loro lunghezza, sono di gran lunga più rapide e più estese di quelle delle stesse catene; in guisa che siffatti sospensorj trovansi più esposti al pericolo di rompersi, se non si assegna loro una spessorezza notevole e proporzionata al peso cui son destinati di reggere.

Vi è chi ha proposta la quistion di sapere quali conseguenze sarebbero per ridondare su d'un ponte sospeso, se una scossa molto violenta, come quella che vien prodotta dalla frattura dell'asse di un carro di gran peso, seguisse all'improvviso sul pavimento. Io non ho veruna difficoltà di rispondere, che in un ponte di considerabile lunghezza una scossa o un tracollo di tal natura non potrebbe avere sulle catene alcuna svantaggiosa influenza; tutto il danno potrebbe restringersi alla frattura di uno o due sospensorj, che non trarrebbe seco alcun pregiudizio positivo, ed a cui si rimedia nella più facile maniera.

I risultati che ho esposti fin qui sono stati da me rinvenuti per mezzo del calcolo differenziale, che è un ramo della parte analitica delle matematiche, di sommo utile allo studio della fisica, e fertilissimo in invenzioni. Mi son servito del metodo d'integrazione del signor Fourier, impiegato da lui nelle ricerche concernenti la teoria del calorico, ed il quale è la ricca sorgente ed il mezzo ausiliario per la soluzione di un gran numero d'importanti quistioni.

Mi è parso, signor Director Generale, che col favore de' risultati da me esposti sotto un aspetto generico, si possono investigare o conoscere per quanto si desidera la natura e la proprietà di questa nuova specie di costruzione. Siamo infatti nello stato di calcolare non solo le

forze che agiscono in tutte le parti dell' opera , e di additare i cangiamenti che si producono nella sua forma dall' azione de' pesi accidentali ; ma ci troviamo eziandio nel caso di valutare la forza dei movimenti delle ondulazioni , o delle vibrazioni provenienti dalle scosse e dagli urti ; movimenti la cui grandezza e veemenza costituiscono lo sforzo de' materiali componenti la costruzione , ed i quali potrebbero portar con se il pericolo di alcuna frattura. Di quanto non ci troviamo poi distanti dal conoscere con pari esattezza la proprietà de' soliti ponti di legno , ovvero di ferro fuso , i quali per altro ci sono familiari pe' l' lungo uso che ne abbiain fatto da sì gran tempo ! Egli era senza fallo necessario di esaminare fondatamente un sistema di ponti che sembra promettere sì rilevanti vantaggi , e di cui l' esperienza per la loro novità non poteva dirci quasi nulla di sicuro. Uno studio però di tal sorta non sarebbe stato possibile senza i grandi progressi , che trovasi aver fatto il calcolo a dì nostri , e se la circostanza di essere molte persone incaricate de' lavori di opere pubbliche non offrisse l' occasione di procurarsi la più ampia cognizione del calcolo medesimo.

Le precedenti verità menano a questa conclusione di principalissimo rilievo , che gli effetti i quali debbono in qualche modo temersi nei ponti sospesi , e che sono quelli che derivano da una troppo grande flessibilità del pavimento sotto il peso de' carri , e da forti e celeri ondulazioni e vibrazioni delle catene , rimangono gli stessi nei ponti in cui gli archi diventano più estesi , e diminuiscono secondo che i pavimenti si fanno più lunghi. Quindi ciò che si è detto di sopra intorno a questa specie di ponti , di essere cioè particolarmente adatti a costruirsi sopra fiumi di una larghezza notevole , non è che abbastanza fondato. Le difficoltà di tali opere vanno scemando a misura che si aumenta la corda degli archi ; ed il successo è tanto più certo quanto più grandiosa è la costruzione , quanto più ardita sembra essere l' intrapresa.

L' ultima parte di questo rapporto è consecrata ad esporre e dilucidare due progetti di ponti sospesi a catene , e ad applicare ai medesimi le regole ed i calcoli della seconda parte. Io credo utile

di riportare una tale applicazione, perchè in ciò fare spargesi più chiarezza sulle operazioni teoriche, e si procura maggior fiducia alle formule rispetto alla loro applicabilità qualora si sostituiscono le cifre aritmetiche. Il primo di tali progetti riguarda un ponte sospeso della corda di 150 metri da costruirsi sulla Senna in Parigi tra la casa degli Invalidi ed i Campi elisi, il cui piano espresso minutamente è stato con maturità esaminato, sono più mesi, da una commissione, e si è quindi approvato dal Consiglio di ponti e strade. Il secondo concerne un'acquidotto dell'apertura di 100 metri destinato ad un canale di grande navigazione.

Il Conte di Chabrot Prefetto del Dipartimento della Senna ha avuto l'idea di sospendere dei tubi ad una catena di ferro battuto, la quale deve attraversare una vallata della larghezza di 150 metri. Questo ingegnoso ritrovato è suscettibile anche di una maggiore amplificazione, e promette di apportare significanti miglioramenti all'arte di condurre le acque, e di costruire i canali d'irrigazione e di navigazione. Piccoli tubi di zinco o di lamine di rame sospesi a due catene parallele tra loro potrebbero con molto vantaggio far le veci di acquidotti murati, come sono quelli di Arcueil e di Buc, e non costerebbero forse il decimo di ciò che per essi fu speso. Con un tale espediente quanto sicuro altrettanto poco dispendioso si eviterebbero, nel formare de' canali di navigazione nelle vallate, i molti andirivieni che bisogna praticare per la varietà de' livelli, e si diminuirebbe una porzione della perdita che soffrono le acque nel lungo tratto che debbono percorrere.

In Inghilterra sussistono molti acquidotti, i cui tubi di ferro fuso poggiano sopra archi dello stesso metallo. Questi tubi possono essere ugualmente sospesi a catene di ferro battuto, ed il progetto da me presentato dimostrerà, che oltre ad essere ciò eseguibile per tubi della maggior ampiezza, si offre con siffatto mezzo un risparmio notabilissimo. Osserverò pure che il principio della sospensione a catene si confa molto più agli acquidotti, che a' ponti destinati al passaggio delle genti e delle vetture; stantechè in questi ultimi il pavimento è per

per verità sempre soggetto ad incurvarsi sotto il pondo de' carri pesanti, e a deteriorarsi per gli urti e per le commozioni che replicatamente riceve. Consimili inconvenienti dispariscono nella costruzione degli acquidotti: quivi non hanno mai luogo urti di conseguenza, per la ragione che il volume d'acqua che sostiene i corpi galleggianti ne ripartisce uniformemente il peso fino ad una distanza rimarchevole; e le catene non vengono neppure obbligate a cangiar la forma della loro curvatura, ancorchè per gli acquidotti venissero trasportati navigli di molto carico.

Assine però di esaminare completamente il soggetto di questa mia relazione, uopo è ch'io faccia ben anche alcun cenno delle spese di cui si ha bisogno nel costruire i ponti e gli acquidotti sospesi. Le medesime dipendono in gran parte dalle circostanze locali, ed in generale si può dir molto poco sulla loro quantità. Del rimanente egli è manifesto, che stabilita una volta la larghezza del pavimento, l'ammontare delle spese è in ragion dell'ampiezza del fiume che si vuole valicare. In quanto all'importo delle catene, qualora in due ponti di differente apertura si è deciso* di adoperare un sol arco in ciascuno di essi; l'importo medesimo in parità di circostanze è in ragione de' quadrati delle lunghezze degli archi: e se si voglia far uso di più archi, allora le spese sono in ragion diretta del quadrato della larghezza del fiume, e nell'inversa del numero degli archi. Per altro la semplicità delle regole che ho esposte riguardo alla grossezza da darsi alle catene deciderà esattamente del loro costo. Le spese poi necessarie alla fabbrica delle pile e di altri massicci sono del tutto relative alle contingenze de' luoghi, e non possono rilevarsi che da un calcolo preciso all'uopo eseguito.

Se in fine si volesse paragonare l'importo dei ponti sospesi con quello dei ponti di ordinaria struttura, si vedrà che anche qui non è possibile di riuscire in generale nell'intento, a causa della grande influenza che vi ha la scelta del sito. Può accader bene che laddove in certe posizioni un ponte di pietra non può essere affatto costruito, oppure

non si perviene ad eseguirlo che mediante un' esorbitanza di spese, ivi venga particolarmente favorita dalla località la formazione di un ponte sospeso. In ogni modo volendosi dir qualche cosa su questo proposito, il che ammette certamente non poche eccezioni, conviene distinguere in quattro specie i ponti finora in uso: nella prima vanno compresi i ponti di legno, le cui travate poggiano sopra palafitta, e sono i meno dispendiosi; nella seconda i ponti di legno ad archi sostenuti da pile di fabbrica; nella terza i ponti i cui archi sono di ferro fuso, ed impostano del pari sopra pile di fabbrica; nella quarta finalmente i ponti costruiti interamente di pietra. In generale i ponti sospesi costeranno poco più di quelli delle due prime specie, ed al contrario assai meno di quelli della terza e della quarta. Comparati però tra loro mentre si prende anche in considerazione la loro durata, i ponti sospesi esigeranno sempre minor dispendio di tutti gli altri.

Nel por fine a questa mia relazione, signor Direttore Generale, io posso assicurarvi, che i risultati delle ricerche da me intraprese per vostro incarico sono precisamente favorevoli a questo nuovo sistema di costruzione. Al vantaggio dell' esperienza di più anni e degli esami più circostanziati il nuovo sistema riunisce i vantaggi di un minore dispendio, e di una più considerevole durata: non v' ha dubbio che il lungo volger degli anni può far solo pronunziare in modo definitivo su questa proposizione; ma io non veggio al presente qual cosa possa intanto obbiettarci perchè debba ella essere combattuta.

Le catene di ferro battuto servono principalmente a tre ufici: in primo luogo vengono esse impiegate in vece de' ponti ordinarij, rendendo possibili quelle comunicazioni le quali prima si reputavano non eseguibili, o almeno di difficile riuscita: secondariamente colle medesime si costruiscono degli sbarcatoj, ad oggetto di facilitare l' imbarco e lo sbarco delle merci, e di garantire le navi dal naufragio: e finalmente si fa uso delle stesse per formare degli acquidotti e dei canali.

Le opere di questi diversi generi aprono un nuovo campo all' architettura. Coll' applicare il principio della sospensione il procedimento

di quest'arte sarà meno dispendioso, ed insieme più facile e più esteso per rendere comunicabili le strade. Tutte le parti del nuovo sistema vanno congiunte colle regole della geometria e delle matematiche, le quali sono al di sopra di ogni arbitrio; la stessa figura delle catene è determinata dalle leggi dell'equilibrio; e gli spesso bizzarri arzigogoli del gusto non potranno mai cangiare a di lei pregiudizio la naturale eleganza della sua forma.

L'uso di queste opere sospese, il quale con poco dispendio permette la costruzione di ponti solidi e durevoli, favorirà lo stabilimento di alcune società di azionarj, da cui si eseguiranno a vantaggio dell'industria intraprese di simil natura: anche le riparazioni de' canali navigabili potranno esser fatte con più facilità e con maggior risparmio dalle stesse compagnie di capitalisti: ed in tal modo; mentre si apporterà un incoraggiamento all'industria, si gioverà insieme agl'interessi dello Stato, ec. ec.

NAVIER.

Si descrive il ponte Sofia coll' applicazione del calcolo dove conviene, e si paragonano i risultati che si ottengono da tal procedimento con quelli che si hanno dal ponte a catene di ferro progettato dal sig. Navier sulla Senna in Parigi.

§. 1.

L'apertura del ponte Sofia, di lunghezza pari a quella del pavimento, misurata tra gli estremi superiori de' basamenti delle due pile erette sopra le sponde del Danubio, è di 37 t. 3 pie. (m. 71 , 108) (1). Al di sopra di ciascuno di questi basamenti evvi la porta di passaggio al pavimento del ponte; e nella parte superiore delle pile, alla distanza di 40 t. (m. 75 , 854), trovansi i punti di appoggio delle catene di sospensione. L'orizzontale intercetta tra ciascun punto di appoggio ed il punto rispettivo di freno o sia di attacco della catena di ritenuta è di 13 t. 1 pie. 3 pollici (m. 25 , 051) (2). L'elevazione del punto di attacco sul livello dell'acqua del fiume è di 2 t. 1 pie. 3 poll. (m. 4 , 189).

(1) Ogni misura sarà espressa in tese, piedi, pollici ec. di Vienna, ed in metri del sistema metrico francese, come ha praticato l'autore.

Ogni piede di Vienna è uguale a metri 0, 3161 circa. Compongono ogni tese di piedi 6, ogni piede di 12 pollici, ogni pollice di 12 linee, ed ogni linea di 12 punti.

Ciascun polso Napolitano è uguale a metri 0, 26367. *IL TRAD.*

(2) Conviene qui pertanto avvertire che le catene le quali sostengono il pavimento sono due per ogni lato, disposte a coppie in un medesimo piano verticale: dalle pile fin nel sotterraneo esse diramano catene di ritenuta, e vanno ad incontrare due tavole di ferro suo perpendicolari alle medesime, e per conseguenza in situazione obliqua. Or siccome le orizzontali tra i punti di attacco ed i punti di appoggio sulle pile sono due di varia lunghezza; così per la orizzontale già indicata deve sempre intendersi la media. Nei calcoli da farsi in prosieguo terremo conto di questa avvertenza, e non perderem di vista questa stessa considerazione allorché si tratterà d'indicare la misura delle catene di ritenuta, le quali per la loro situazione obliqua sono anche di differente lunghezza. *L'ATT.*

I due piani verticali, che si concepiscono passare lungo la metà della larghezza delle due coppie di catene, distano tra loro per 2 t. 1 pie. 6 poll. (m. 4, 266). La saetta della curva descritta dalle catene, di corda 37 t. 3 pie. (m. 71, 108), è di 2 t. 4 pie. 1 poll. 5 linee (m. 5, 092). La superficie del pavimento nel sito presso la muratura è di 4 t. 1 pie. (m. 7, 9) superiore al livello dell'acqua, ladove nel suo centro lo è di 4 t. 1 pie. 6 poll. (m. 8, 058). L'altezza del basamento delle pile insieme colla fabbrica delle fondazioni è di 4 t. 1 pie. (m. 7, 9), ed è pur tale l'altezza di ciascuna pila. Finalmente il punto di appoggio delle catene di sospensione e di ritenuta s'innalza sulla soglia di esse porte per 3 t. 1 pie. 6 poll. (m. 6, 164), e consiste in un masso di ferro fuso terminato superiormente da una superficie curva secondo la direzione delle tangenti delle catene di sospensione e di ritenuta, con un traforo parallelo alla stessa superficie superiore.

§. 2.

Tutta la larghezza del pavimento, compreso il rivestimento esteriore, è di 2 t. 3 pie. 6 poll. (m. 4, 899). L'intervallo tra due sospensorj corrispondenti, che partono dal mezzo della spessore delle catene, l'uno nel lato destro del ponte e l'altro nel lato sinistro, è di 2 t. 1 pie. 6 poll. (m. 4, 266). Lo spazio poi tra le ringhiere che servono di parapetto è di 2 t. 4 poll. (m. 3, 897). Per lo facile scolo delle acque il pavimento è elevato nel mezzo, nel senso della sua lunghezza, per 1 poll. 6 lin. (m. 0, 039), e la sua copertura ch'è grossa non più di 2 poll. 8 lin. (m. 0, 07) vien formata di grosse tavole di larice messe per lungo, essendo il ponte destinato a soli pedoni. Essa copertura giace sopra travi dello stesso legname situati per traverso, i quali nella loro metà hanno un'altezza di 1 pie. 1 poll. (m. 0, 342), mentre quella dei loro estremi è di 11 poll. 6 lin. (m. 0, 302) per lo necessario pendio; la loro larghezza è da pertutto di 6 poll. (m. 0, 158). I medesimi travi distano tra loro per 5 pie.

(m. 1, 58) tranne nel mezzo del pavimento in dove due di essi sono discosti per 1 pie. (m. o, 316). I travi poggiano sopra correnti longitudinali di ferro battuto che si estendono per l'intera lunghezza del ponte, alti 2 poll. 6 lin. (m. o, 064), e larghi 1 poll. (m. o, 026), i quali essendo collocati di taglio vengono sostenuti ad ogni tratto di 5 pie. (m. 1, 58) da' sospensorj che nel loro estremo inferiore sono biforcati con viti: le viti servono anche a ridurre e mantenere in situazione orizzontale il pavimento. I medesimi correnti si compongono di più pezzi, schiacciati nella superficie di contatto, ed uniti fortemente tra loro mediante perni ed anelli di ferro battuto. Le ringhiere che formano i parapetti del ponte consistono in tubi di ferro conformati a guisa di colonnette distanti tra loro 5 poll. (m. o, 131), ed in piastre orizzontali dello stesso metallo superiormente ed inferiormente poste, nelle quali vengono essi conficcati e ribaditi. Affin d' impedire le oscillazioni delle ringhiere, la cui altezza è di 3 pie 4 poll. (m. 1, 053), sono le medesime assicurate per via di freni obbliqui e orizzontali a' sospensorj; tra i punti di appoggio poi ed i posti di percezione sono le medesime fermate nei muri che spalleggiano il terrapieno

§. 3.

Le catene che da ciascun lato del ponte trovansi nello stesso piano verticale sono fra loro discoste per 1 pie. 3 poll. (m. o, 395): ognuno de' membri che costituiscono ciascuna catena è formato di quattro maglie di ferro battuto vicine tra di esse, e congiunte colle quattro susseguenti in ambi gli estremi per mezzo di due perni e cinque piastrelli di ferro. Ogni maglia è terminata negli estremi in forma circolare, nel cui centro vi è praticato con trapano un foro del diametro di 2 poll. 6 lin. (m. o, 064), destinato a ricevere un perno di ferro battuto di figura cilindrica. Le maglie da centro a centro dei due fori sono lunghe 9 pie. 1 poll. 6 lin. (m. 2, 883), ed in tutto 9 pie. 8 poll. (m. 3, 055): la loro sezione è di altezza 2 poll. (m. o, 052),

di larghezza 1 poll. (m. o, 026), e precisamente della superficie di 2 poll. quadr. (m. m. q. 1388) (1). Di egual superficie sono le sezioni fatte intorno a' fori esistenti negli estremi delle maglie.

I piastroni che congiungono le maglie sono di forma rettangolare cogli angoli tondeggiati, della lunghezza di 1 pie. 5 poll. (m. o, 447), della larghezza di 6 poll. 6 lin. (m. o, 171) (2). Nella loro metà e nel senso della maggior dimensione vi ha tre fori, due dei quali destinati al ricevimento de' perni della catena distano tra loro per 10 poll. 6 lin. (m. o, 276), ed hanno un diametro eguale a quello dei fori delle maglie. Il foro di mezzo poi addetto al perno del sospensorio ha un diametro di 1 poll. 3 lin. (m. o, 032). I perni inservienti alle catene sono lunghi 9 poll. 8 lin. (m. o, 254), e del diametro di 2 poll. 5 $\frac{1}{2}$ linee (m. o, 064), e tengono in ambe le estremità un'incavatura nella quale viene adattato a freddo un anello che impedisce lo sconnettersi dei pezzi, dopo che il tutto è stato congegnato convenientemente. Il perno dei sospensorj nel mentre ch'è lungo al pari degli altri due, ha nondimeno una grossezza minore di quelli, essendo del diametro di 1 poll. 2 $\frac{1}{2}$ lin. (m. o, 031), ed è correlato in fine di viti colle corrispondenti madre viti, le quali fanno lo stesso ufficio degli anelli.

Si è detto che da ciascun lato del pavimento vi sono due catene i cui membri si compongono ognuno di quattro maglie: in conseguenza di una tal disposizione da una stessa banda del pavimento vengono ad esservi 8 maglie insieme, e 16 in ambedue. La superficie della sezione di una maglia abbiamo veduto essere di 2 pollici quadrati (m. m. q. 1388); quella di 16 maglie unitamente sarà per-

(1) m. m. q. dinota millimetri quadrati. È da osservarsi, che m. o, 052 moltiplicato per m. o, 056 dà un prodotto minore di 1388; ma il diligente 'signor di Mitis', nell'atto che ne' disegni ha trascurato le parti, 19999, 999, ne ha poi per cortesia de' calcoli tenuto conto nel prodotto: e ciò deve pure avvertirsi per le altre calcolazioni che avranno luogo in appresso. L. TASSO.

(2) La grossezza de' piastroni non viene indicata dall' A; ma da' disegni rilevasi essere di 1 poll. 12 lin.

ciò di 32 pollici quadrati (m. m. q. 22208). Nell'esame delle catene fa d'uopo anche osservare che le medesime si trovano siffattamente situate, che ad ogni tratto di 5 pie. (m. 1,58) dai centri de' piastroni di congiungimento scendono prima i sospensorj della catena superiore, e poscia quelli della catena inferiore, alternando sempre così dall'una all'altra pila. Del resto quei pezzi che stanno più vicini alle piastre, che stabiliscono la connessione delle catene di ritenuta colle catene di sospensione sulle pile, hanno una lunghezza minore dei rimanenti; e ciò affin di rendere più flessibili in quel sito le catene. Potendosi però rilevare dagli annessi disegni la misura di tai pezzi, e poco o nulla essi influendo sulla resistenza da calcolarsi in appresso, noi passeremo più oltre cercando di evitare per quanto è possibile una inutile profusione di numeri.

§. 4.

I sospensorj che sostengono il pavimento partono da entrambe le catene; essi trovansi l'uno di rimpetto all'altro, e nello stesso piano verticale che passa per lo mezzo de' piastroni medj fra quelli che congiungono le maglie delle catene, e per lo mezzo delle catene istesse: il modo onde sono con queste congegnati mercè il perno di mezzo, e la varietà della loro forma rispetto alla catena superiore, si rilevano del pari dai disegni che accompagnano il presente libro; nei quali disegni può benanche osservarsi la maniera colla quale i sospensorj sostengono i correnti longitudinali. La curvità della catena decide della differente lunghezza dei sospensorj in tutta l'estensione del ponte; ed il metodo di determinare la loro misura è esposto nella sezione XIII. della parte teoretica della memoria del signor Navier sui ponti sospesi, §. 253 e seguenti. Ciò che qui importa essenzialmente di sapere si è che i sospensorj, configurati a quattro facce di cui ciascuna è di larghezza 10 lin., sono della sezione di 100 lin. quadr. (m. m. q. 441); e che essendo 45 in ogni lato del ponte e quindi 90 ne' due lati, avranno tutti insieme la superficie di 9000 lin. quadr. (m. m. q. 39690).

§. 5.

Si parli ora delle catene di ritenuta su cui va a ridursi tutto il peso delle catene di sospensione e del pavimento, e di ciò che vi si trova al disopra. Esse son situate obbliquamente dalla sommità delle pile fino al corridojo più remoto del sotterraneo, formando un'angolo di depressione, il quale del pari che la saetta della curvatura delle medesime catene, io indicherò con esattezza, allorquando passerò a trattare del calcolo della loro resistenza: per ora mi limiterò soltanto alla loro forma e composizione. Le catene di ritenuta, due per ogni lato e nel medesimo piano verticale, distano da quelle della parte opposta per 2 t. 1 pie. 6 poll. (m. 4, 266). Sul loro estremo inferiore in cui le maglie sono unite con piastroni più robusti e più lunghi degli altri, vengono esse per mezzo di grandi perni, lunghi 4 pie. 3 poll. (m. 1, 343), e del diametro di 5 poll. (m. 0, 131), assicurate a tavole di ferro fuso perpendicolari alla loro direzione, le quali tavole offrono due solchi semi-cilindrici per ricevere i medesimi due gran perni. Le figure delle tavole medesime, degli accennati piastroni più lunghi negli estremi inferiori delle catene, e del masso di ferro fuso sulle pile, sono ostensibili nei disegni che le rappresentano. La compage delle quattro maglie e de' cinque piastroni, componenti i membri delle catene di ritenuta, sol differisce da quella delle catene di sospensione nella lunghezza delle maglie, le quali sono di 9 pie. 7 poll. (m. 3, 028), e nell'esser per conseguenza in esse meno distanti tra loro i buchi dei perni conservando però lo stesso diametro: anche i loro piastroni sono dell' istessa forma di quelli della catena di sospensione, variando la sola lunghezza ch'è per 2 poll. 6 lin. (m. 0, 064) minore, e mancandov' il foro medio perchè non vi occorrono sospensorj. In quanto alla sezione trasversale fatta in una delle maglie della catena di ritenuta, poichè il lato ch'esprime la larghezza di essa sezione è per 2 lin. (m. 0, 0045) maggiore, sarà anche maggiore la di

lei superficie , cioè di 336 lin. quadr. (m. m. q. 1621,25), e perciò quella di 16 pezzi uniti insieme è di 37 $\frac{1}{3}$ poll. quadr. (m. m. q. 25940). Nel sito sulle pile in cui le maglie delle catene di ritenuta si uniscono colle piastre che passano pe' l' masso di ferro fuso stabilito sulle pile medesime, queste piastre tengono praticate nella loro grossezza varie dentature, affinchè le catene di ritenuta, malgrado che la loro spessore sia maggiore di quella delle catene di sospensione, si trovino in una stessa linea di tiramento, senza formare nei perni che congiungono le piastre un disugual braccio di leva. I perni poi delle catene di ritenuta, serbando lo stesso diametro di quelli delle catene di sospensione, sono di una lunghezza proporzionata alla maggior grossezza delle prime.

§. 6.

I materiali di cui si compongono le teste del ponte sulle due rive sono mattoni, e pietre di cava; e laddove trovansi esse esposte ad esser danneggiate esteriormente vengono guernite di solide pietre di taglio (aggregato di sostanze calcareo-arenose), estratte dalla così detta *Cava delle pietre imperiali*. I due piè-dritti che costituiscono ciascuna pila, la base di ognun dei quali è lunga 1 t. 4 pie. (m. 3, 16), e larga 5 pie. 6 poll. (m. 1, 738), sono fabbricati interamente di mattoni colla più scrupolosa diligenza, tranne nelle sole cantonate interne e nella volta che li riunisce in forma di porta, le quali sono costruite di pietra di taglio. Nel vivo di tai piè-dritti, come si è indicato altrove, stanno collocati i massi di ferro fuso la cui faccia superiore è convessa, e poggiano immediatamente sopra grandi pietre di taglio per distribuire uniformemente la pressione. I massi di ferro fuso e le pietre di taglio sono frenate con ispranghe di ferro fitte verticalmente nella sottoposta muratura per la profondità di 5 pie. (m. 1, 58), con viti ne' loro estremi superiori. Al di sopra degl' indicati massi di ferro fuso i piè-dritti vengono maggiormente collegati tra loro per mezzo di spranghe di fer-

ro che attraversano la volta, e sono cinti da una cornice semplice e leggera: la copertura è formata di lamine di rame disposte in due ale.

Dalle porte sino ai posti di percezione veggonsi due muri di mattoni formati a scarpe e terminati superiormente da pietre di taglio, per piantarvi le ringhiere; i quali presso al basamento delle pile hanno una elevazione di 2 t. (m. 3,792) sul marciapiede del fiume, e vicino agli stessi posti di percezione di 9 pie. (m. 2,844). Tra essi muri, grossi verso la loro sommità 4 pie. (m. 1,264), e poggiati su due archi che impostano sopra un comune piè-dritto palafittato al di sotto, havvi un terrapieno battuto e lastricato con quadroni di granito. Inferiormente ai posti di percezione mediante un vano a volta si ha l'adito nel sotterraneo, il cui pavimento è 1 t. 5 pie. (m. 3,476) elevato sul livello dell'acqua, e dal centro del corridojo d'ingresso sino alla metà dell'ultimo corridojo il sotterraneo è lungo 4 t. (m. 7,584), inoltrandosi verso la campagna: essi corridoj sono fra loro paralleli ed in senso trasversale rispetto ai muri del terrapieno. Una camera centrale, che poi si restringe fino a divenire un audito della larghezza di soli 3 pie. (m. 0,948) è quella che stabilisce la comunicazione tra medesimi corridoj. Per siffatta disposizione questo corpo di fabbrica fondato sopra palafitte viene ad esser diviso in due massicci di sufficiente grandezza, i quali servono di contrapposto all'armatura delle catene di ritenuta, alta 5 pie. (m. 1,58), larga 18 poll. (m. 0,474), e grossa nel suo mezzo 9 poll. (m. 0,237). Le tavole di ferro fusso componenti la riferita armatura, e collocate due per ogni lato l'una dall'altra discosta 15 poll. (m. 0,395), poggiano immediatamente a forti pietre di taglio, acciò da queste si ripartisca uniformemente sulla fabbrica ch'è di pietre di cava la pressione delle catene. Partendo indi dalle medesime tavole verso le pile, evvi al di sotto dei posti di percezione un'apertura, per cui s'introducono le catene di ritenuta, onde potersi congiungere colle rispettive catene di sospensione, dopo di aver percorso tutto lo spazio sovrastante il terrapieno. Nei due siti dell'ultimo corridojo sotterraneo, in cui van collocate

le tavole di ferro fuso, ed i quali sono alti 1 t. 6 poll. (m. 2,054), e larghi 3 pie. (m. 0,948), vi stanno due fori ascendenti per darvi lume, dell' ampiezza di 36 poll. quadr., e praticati verticalmente sulla volta di copertura. L' accurata scelta de' materiali non che l' esatta esecuzione dei lavori han contribuito principalmente a formar dell' intera muratura un tutto ben connesso cogli altri corpi, che concorrono alla maggiore resistenza della sua massa.

Descritte in succinto le parti più essenziali del ponte, passo ad indicare il peso proprio o permanente della costruzione, unito a quello che deriva dal passaggio de' corpi sul pavimento; e procedendo più oltre indagherò la forza competente alle parti isolate del sistema, a norma delle teorie e delle formole esposte dal Navier, paragonando ove conviene i risultati ottenuti da questo insigne ingegnere con quelli che si ricaveranno dall' applicazione degli stessi principj al nostro ponte. Lascio poi al criterio degl' intendenti il giudicare sino a qual segno siasi soddisfatto nella nostra costruzione ai requisiti del sicuro e del solido, e con quanta premura siasi cercato di renderne il più che si può inalterabile la durata.

*Della quantità del peso che gravita sul pavimento, o sulla corda
che si concepisce tirata frai due estremi della catena.*

§. 7.

Il peso in generale dei corpi esercenti la loro azione sul pavimento del ponte è da riguardarsi sotto un doppio aspetto, e come diviso in due parti principalissime. Alla prima appartiene il peso costante o proprio della costruzione, eh' è per conseguenza invariabile ne' suoi effetti; alla seconda, il peso che noi chiameremo accidentale, per esser prodotto dal transitò di qualsiasi corpo sul pavimento, e che non può sicuramente agire se non quando uno o più corpi si trovano al di sopra del pavimento istesso.

La prima specie di peso, ossia quello dei pezzi che compongono il pavimento, e di ciò che contribuisce a mantenerlo sospeso, deriva

1.° Dalle catene di sospensione corrispondenti alla lunghezza del pavimento di 37 t. 3 pie. (m. 71, 108) e che per la curva da esse descritta hanno una lunghezza di 38 t. 9 lin. (m. 72, 074) ; e pesano coi perni, co' piastroni, e colle maglie	36050 (20168)
2.° Dai sospensorj colle loro parti	3000 (1679)
3.° Dai correnti longitudinali di ferro co'perni e cogli anelli	4000 (2238)
4.° Dai travi di larice trasversali, in num. 46, i quali calcolati alla ragione di circa libbre 311 per ciascaduno, cioè di libbre 40 per ogni piede cubico fanno	14300 (8000)
5.° De' tavoloni del pavimento insieme col rivestimento esteriore	30000 (16783)
6.° Dalle ringhiere di ferro, unitamente ai loro freni, a ragione di libbre 125 la tesa lineare	9375 (5244)
7.° Infine dai chiodi, ramponi, e simili, che formano insieme	200 (112)
Quindi la somma del peso costante della costruzione ascende in uno a	96925 (54224)

(1) La libbra di Vienna è di once 16, e secondo il rapporto di Götting nel suo *ouffiz de la construction des ponts* pubblicato in Parigi nel 1809 dal sig. Navier, è di grammi 560, 042: ma da quanto rilevasi dal ragguaglio qui espresso dal cav. di Mitja pare che la libb. di Vienna corrisponda a gram. 559, 30 circa. Intanto credo utile di aggiungere, che ogni Kilogr. è uguale ad once napoletane 37, 412, delle quali si sa che la libbra ne contiene 72, ed il resto 35 $\frac{1}{3}$, ovverisopra ogni libbra a grammi 360, 736. si trova.

Per maggior dilucidazione dei calcoli precedenti adotterò anche qui il metro per unità di misura; ed in conseguenza tralasciando i decimali che accompagnano gl' interi, per ciascun metro della nota lunghezza del pavimento di m. 71,108 corrisponde il peso di 763 Kilo-grammi, o di libbre 2585 per ogni tesa lineare.

§. 8.

In quanto poi alla seconda specie di peso, vale a dire a quello che nasce dal carico accidentale, conviene ricordarsi essere il ponte di cui trattiamo, destinato soltanto all' uso dei pedoni. Questa circostanza che farebbe credere a chiunque considera la cosa superficialmente, che il peso risultante da una moltitudine di nomini è di picciolissimo rilievo, ci farà ben tosto vedere, che il peso massimo onde può mai caricarsi un ponte è appunto quello che non deriva nè dalle vetture, nè dalla cavalleria, ma bensì da una moltitudine di gente raccolta su tutta la superficie del pavimento, superando un tal peso di molto la pressione dei carriaggi e dei cavalli.

E per venire al fatto, si supponga da prima che varie vetture del peso ciascuna di 3000 lib. (1679 Kilogr.) e col carico di 13000 lib. (7273 Kilogr.) transitino sul letto del ponte, tirata ognuna da tre coppie di cavalli, e vadano per quanto è possibile l'una dappresso all'altra. Ogni vettura, compresi i cavalli del timone, occuperà almeno lo spazio di 4 t. 1 pie. 3 poll. (m. 8); e tenendo conto anche delle altre due coppie, le quali prenderanno altre 3 t. 4 pie. (m. 7) di luogo, si scorge bene che tutta l'estensione di 37 t. 3 pie. (m. 71,108) del pavimento non può capere che quattro di tali vetture; tanto più che l'orizzontale tra due colonnette corrispondenti delle ringhiere è di 2 t. (m. 4) circa, e non si può assegnar meno di 9 pie. (m. 3) di larghezza per ogni carro. Ma io suppongo altresì, che le coppie di cavalli camminino sempre così vicine tra loro ed al carro che le precede, che in vece di esservi sul pavimento la capienza per 4 carri,

ve ne sia per 7 all'istesso tempo: in tal caso calcolati i carri alla ragione di sopra, il loro peso sarà di 91000 lib. (50910 Kilogr.); alla quale somma aggiunto il peso de' 42 cavalli coi loro fornimenti e coi loro vetturali, ch'io fo ascendere a 650 lib. (362 Kilogr.), l'uno, e quindi insieme a 27300 lib. (15204 Kilog.), si avrà che il peso totale di quanto trovasi sul pavimento, peso che noi abbiamo di molto esagerato, perchè si son supposti i carri d'un numero maggiore di quelli che possono in realtà passarvi, ammonta a 118300 lib. (66114 Kilog.)

Egli è vero d'altronde, che il pavimento può contenere un maggior numero di carrozze ordinarie: ma in tale circostanza assegnate al più 3000 lib. (1679 Kilog.) per ognuna di esse, inclusiivi i cavalli ed i viandanti, farebbero d'uopo circa 40 carrozze sul pavimento per pareggiare insieme il peso surriferito di 118300 libb. (66114 Kilog.), il che vedesi esser chiaramente impossibile per la deficienza del luogo.

Se s'immagina occupato il pavimento da una colonna strettissima di cavalleria, il suo fronte potrebbe al più presentare 7 cavalli co' rispettivi cavalieri in sella, ed il suo fianco 36 cavalli: e per conseguenza in tutta l'estensione del pavimento entreranno circa 255 cavalli, i quali calcolati a 700 lib. (392 Kilog.) l'uno, insieme col cavaliere e la sua armatura, daranno 178500 lib. (99960 Kilog.) per tutti unitamente.

Prendiamo ora in considerazione la terza specie di peso, quella cioè che deriva dagli uomini. E prima di tutto vuolsi premettere, che in occasione del ponte progettato sulla Senna in Parigi il sig. Navier, attenendosi al computo fatto dal Carnot relativamente allo spazio occupato da una truppa in regola, assume, che in una partita ordinata di militari basta assegnare ad ogni individuo piede $1\frac{1}{4}$ di fronte, e piedi 2 di fianco onde possano marciare; e che in sequela di un tal principio in ciascun metro quadr. entrano tre uomini e più di 12 in una tess. quadr. di Vienna. Per la qual cosa il nostro ponte offrirebbe luogo per una colonna di 900 soldati. Questo numero però d'individui, se-

condo lo stesso Navier, è troppo grande in riguardo a quel che in effetto può trovarsi sul pavimento, attesochè si è supposto potervi essi passare con ordine e disciplinatamente; ma nel caso che vi camminino alla rinfusa e con passo diseguale, non è credibile che possano muoversi comodamente e andar più oltre.

Nondimeno volendo non ammettere queste ultime ragioni, si tenga come per certo il passaggio simultaneo dei 900 uomini; ed allora dovendo esser tra questi anche delle donne e dei fanciulli, si fissi il peso compensato d'un uomo a 116 libb. (65 Kilog.). In tale ipotesi la massa del peso di tutti considerati collettivamente sarà di 10,4400 libb. (58500 Kilog.)

Il piano rimessoci dal Governo è fondato però sopra tutt'altra opinione di dati. In esso si è avuta l'acortezza di pensare, esser bensì vero che non esistendo una cagione insolita e straordinaria per la località in cui trovasi il ponte, non possa radunarsi sul medesimo una considerevole moltitudine di persone; ma non trovarsi poi fuori d'ogni probabilità il caso in cui in una capitale abbondante di abitatori si diano talvolta dei motivi, onde una calca più numerosa d'individui si affolli a segno sul pavimento del ponte da vedersi costretta a rimanervi impedita (1). Affinchè dunque in somiglievoli incontri non si abbia a temer nulla dal canto della solidità, si è supposta ogni tosa quadrata capiente 24 uomini, a' quali si è assegnato insieme il peso di 3000 libb. (1679 Kilog.), ossia di 125 libb. (70 Kilog.) per ciascheduno. In tal modo il più gran peso possibile ascenderebbe a 225000 libb. (126000 Kilog.), e perciò sopra ogni metro lineare del pavimento vengono, a cadere 1773 Kilog. = 3169 libb. Quindi quest'ultimo peso accidentale ora ritrovato, unito a quello proprio della costruzione ottenuto

(1) In occasione di alcune manovre militari per le quali fu costruito vicino al nostro ponte Solfia non ancora terminato, un così detto Bockbrücke, fu veduto restarsi fermo sopra quest'ultimo un copiosissimo numero di gente; la qual cosa sarebbe senza fallo succeduta sul ponte a catene di ferro, se in quella circostanza fosse stato il medesimo compiuto. L'AUT.

precedentemente, dà per ogni metro di lunghezza, Kilog. 2535=453 libbre.

È inutile l'obbiettare di avere spinta troppo 'oltre' la supposizione, per la quale si è avuto un tal risultato; giacchè a più forte ragione lo stesso vale pei calcoli fatti sul proposito dei carriaggi e della cavalleria. In ogni modo però resta matematicamente vero, che la pressione esercitata da una ribollente calca di uomini, anche di vario sesso e di diverse età, non cessa di essere la più considerevole per rapporto a tutte le altre messe finora in veduta.

§. 9.

Se si tratta del peso costante che viene addossato ai sospensorj, egli è manifesto che dal medesimo deve esser dedotto il peso delle catene di sospensione cui sono essi congiunti per mezzo di perni; onde il loro peso si ridurrà a 60875 lib. (34055 Kilog.), al quale unito il peso accidentale di 225000 lib. (126000 Kilog.) rinvenuto poc'anzi, si hanno in tutto 285875 lib. (160055 Kilog.). Or essendo i sospensorj n.º 90, della sezione unita di 9000 linee quadrate (39690 mil. met. quadr.); ripartito l'intero peso sopra ciascuno di esso, si troverà competere ad ogni sospensorio lib. 3176, e perciò ad un millimet. quadr. circa Kilog. 4, 06. Nel più volte riferito ponte di Parigi sopra un millimet. quadrato della grossezza dei sospensorj corrisponde Kilog. 1, 48, ed il signor Navier giustifica cotesto eccesso apparente in grossezza colla circostanza, che gli urti e le commozioni cagionate dal transito delle vetture e dei carriaggi agisce il più immediatamente sulla resistenza dei sospensorj.

Della forza e resistenza delle catene.

§. 10.

Nelle indagini che io sarò per esporre intorno alla costruzione del nostro ponte e da me praticate a norma delle regole indicate dal Navier, non lascerò di adottare le stesse formole di cui si è desso servito nella sua memoria, simboleggiando gli oggetti colle medesime lettere. Sarà d'uopo soltanto apporre a queste ultime quel valore che loro compete nella nostra costruzione; e proseguirò tuttavia ad eseguir le calcolazioni in pesi e misure francesi, mettendo accanto ai soli risultati anche le misure ed i pesi nostri. Volendo adunque investigar la forza delle catene di sospensione, si faccia

La metà della corda della catena corrispondente all'apertura del ponte $h = m. 35,561$

La sassetta della sua curvatura $f = m. 5,092$

La semilunghezza della stessa catena $c = m. 36,139$

La tangente dell'angolo formato dalla parte estrema della catena e dall'orizzonte $\text{tang. } a = \frac{2f}{h} = 0,286423$

Quindi l'angolo $a = 15^{\circ}, 58', 58''$

Il peso totale corrispondente ad un metro, unità di misura lineare del pavidamento $p = 2535 \text{ Kilog.}$

La somma di tutte le tensioni orizzontali si dinoti con Q , e quella di tutte le tensioni verticali con T . Per ottenere il valore di Q serviamoci della formola N.° 17, §. 113, della memoria del Navier, la quale è

$$Q = \frac{ph^2}{2f}$$

da cui si ricava $Q = 314734 \text{ Kilogrammi} = 562587 \text{ libbre.}$ Inoltre dalla formola 10.ª del §. 111,

$$T = \frac{Q}{\cos. a}$$

troviamo essere T, vale a dire la somma delle tensioni verticali, eguale a 327396 Kilog.=585220 libbre.

Questi valori valgono per l'estrema parte della catena, in cui la tensione è la maggiore possibile; mentre a misura che si discende verso il mezzo della curva, e si stabiliscono più in basso i punti che si assoggettano al calcolo, meno considerevole diviene il peso proprio corrispondente a' medesimi punti, e per conseguenza più piccolo anche diventa uno de' fattori e l'ultimo risultamento. Per la qual cosa i membri della catena che più si avvicinano al punto più basso della curva, si potrebbero fare meno grossi dei rimanenti; ma ciò non suol praticarsi che assai di rado.

Dalla descrizione fatta di queste catene nel §. 3, rilevandosi che la sezione di 16 maglie unite insieme pareggia 32 poll. quadr. (22208 millimet. quadr.), la tensione T d'un m. m. q. sarà $\frac{327396}{22208} = \text{Kil. 14,742,}$ e quella di un pollice quadrato = lib. 18288.

Nel servirsi delle stesse formole pel ponte di Parigi, il signor Navier rinviene che ad un millimet. quadrato corrispondono Kil. 13,89; e secondo la nostra misura ad ogni pollice quadrato corrispondono circa lib. 16,701. Egli conchiude il paragrafo 287 coll'osservare, che un siffatto carico non eccedendo il limite del massimo peso possibile da lui assegnato nel §. 170 della suddetta sua memoria, ed essendo tale questo massimo peso da non distrugger nè punto nè poco l'elasticità del ferro, la grossezza data da lui agli elementi sostenitori del suo ponte, corrisponde anche perfettamente alla massima tensione cui possono soggiacere le catene.

La necessità di fissar un termine al peso che addossar si deve al ferro di conosciuto diametro, onde questo non ceda nè si spezzi sotto il carico sovrapposto, è di sì grave importanza, che non mi verrebbe

sicuramente fatto di trovare un pretesto di scusa presso i miei lettori, se non riportassi anche in questa occasione ciò che su tal proposito ha esposto il sig. Navier, e non adducessi a un tempo molte sperienze da me all'uopo istituite. In quanto poi a quest'ultimo argomento, io non pretendo già di manifestar cose sulle proprietà fisiche del ferro, che non sieno state già dette e trattate da naturalisti assai di me più idonei e conosciuti. Nel far menzione di quei saggi che riguardano più da vicino il nostro soggetto, è stato mio scopo di apportare maggior lume sopra un ramo sì interessante dei ponti sospesi, e di dedurre da essi i risultati, che mi piace di qui sottoporre alla conoscenza del pubblico, quantunque non offrano ancora una tale uniformità di carattere da poter servire di norma nelle successive applicazioni.

Il sig. Navier nel §. 166 della sua memoria vuole, che il fine principale delle sperienze sulla resistenza del ferro deve spesso consistere nel discernere la forza che si richiede per rompere una spranga dello stesso metallo di dato diametro. La diversità esistente tra la sostanza e la preparazione del ferro ha dovuto naturalmente influire sulla varietà dei risultati, e quindi sulla discrepanza delle opinioni. Come forza media però del ferro si può generalmente stabilire, che una spranga della sezione di un mil. met. quadrato regga ad un carico di 35 fino a 45 Kilogrammi, e secondo noi che ad un pollice quadrato corrispondono 419 fino a 520 libb. Se questo rapporto, prosegue egli a dire, fosse costante in tutti i casi, esso non basterebbe neppure a tenerci soddisfatti; giacchè prima che il ferro si rompa con un peso di quello assai minore, esso distendesi per modo che non è possibile di ridurlo alla sua pristina lunghezza, quando gli si toglie da sopra il peso che sosteneva: ed ognun vede che un tale allungamento è di sommo pregiudizio alla costruzione dei ponti sospesi. In vista di ciò lo stesso autore è di sentimento, che ad una spranga della grossezza di un millim. quadrato non si debba soprapporre se non circa il terzo di quel peso che basta per operar la frattura, vale a dire circa 13 fino a 14 Kilogrammi. Soggiunge il signor Navier, che sebbene siffatta carica giun-

ga a produrre nella spranga una certa dilatazione; pure questa è tale da disparire al momento che vien diminuita la carica sovrapposta, per esser la dilatazione l'effetto piuttosto dell'elasticità del ferro che la conseguenza di un'altra causa di differente natura. Queste avvertenze tradotte in altro linguaggio hanno il seguente significato: « non bisogna » caricare il ferro con un peso ch'è al di sopra della sua naturale » elasticità.

Nella costruzione del nostro ponte non si trascurò questa massima, allorchè si divenne a stabilirc la grossezza dei pezzi di ferro; ma si considerò a un tempo che non tutte le spranghe d'una stessa specie di ferro avcano l'istessa resistenza, sia rispetto all'elasticità loro, sia per riguardo alla lor forza assoluta; e che perciò si potea esser tratto inavvertentemente ad errore. Ad allontanare adunque del tutto questi tali inconvenienti, la Società di capitalisti procedendo con un disinteresse veramente esemplare, si provvide d'una macchina atta a sperimentare una per una le spranghe secondo la legge summenzionata. La medesima ostensibile in disegno nell'ultima delle tavole che accompagnano la presente opera, consiste in una leva su cui agisce il peso per lo saggio come 1 a 20, e per la semplicità della sua composizione non offre stropiccio od altro ostacolo meccanico cui meriti esser preso in esame. Con siffatta leva si sono messe alla pruova tutte le maglie delle catene di sospensione grosse 2 poll. quadr. sotto il carico di 400 cantaja, e quelle delle catene di ritenuta grosse poll. quadr. 2, 48 sotto il peso di 466 cantaja. In ambedue questi casi le maglie caricate in tal guisa vennero scosse e battute con veemenza per tutta la loro lunghezza con un martello pesante due libbre. Convien intanto ricordarsi ch'esse maglie tengono in ciascuno dei loro estremi un foro nel quale viene adattato un perno qualora debbe congegnarsi la catena, e che simile perno distante dall'altro che fa l'istesso uffizio 9 pie., ha intorno a se un intervallo di mezza linea per giuocar bene nel foro in cui trovasi. Or se le maglie delle catene nell'assoggettarle alle sperienze di sopra, venivano a subire qualche dilatazione nelle loro parti, non si potea esser più nello

stato di congiungerle come prima; ed avvenendo il contrario, si doveva concludere di non aver esse sofferto alcun cangiamento nelle dimensioni, e di esser rimaste tali quali furono per la prima volta costruite. Tanto è avvenuto appunto a parecchie centinaia di maglie dopo la sovrapposizione di un carico di Kil. 16,24 per ogni millimet. quadr. e dopo di averle fortemente percosse col martello. Questo fatto pruova con quanta sicurezza si è dal calcolo determinato precedentemente la resistenza degli elementi delle catene. E non è vano di far quì anche osservare che di tutti questi pezzi, nel nostro paese i primi nel loro genere, fabbricati una metà nella ferriera del Conte di Scharfenberg in Hohenwang nella Stiria, ed un'altra metà in quella del maestro Pöschel in Reiberg presso Krems nell'Austria inferiore, composti tutti d'un così detto ferro di Pausch, soltanto sedici hanno manifestato dei difetti nelle intraprese sperienze, provenienti senza dubbio dalla manifatturazione, perchè sempre comparsi nelle saldature.

Ma in quanto a ciò che dice il Navier infine del §. 170, cioè « qu'une charge de 13 Kiliogrammes par milliméter carré, est environ le tiers de celle qui opérerait la rupture » (1), sembra ch'ei voglia alludere al rapporto che havvi tra 'l peso che produce un allungamento nascente dall'elasticità, e quello che genera la frattura. Dai saggi però che sono per esporre circa lo stesso soggetto, io mi credo autorizzato a rivocare in dubbio una tale assertiva, e son di parere che se il suddiviso rapporto di 1 a 3 possa ragionevolmente non esser seguito, le conseguenze che da ciò si desumono riguardo ai ponti sospesi, potranno essere di molta importanza sotto le vedute di economia.

Nel primo di questi saggi, tre maglie riuscite illese dal riportato esperimento furono di bel nuovo adattate sulla macchina, colla mira di doverle spezzare a forza di peso. La prima composta specialmente

(1) Che una carica di 13 Kiloq. per millimet. quadrato, è circa il terzo di quella che opera la frattura.

nelle sue estremità dell' eccellente ferro di Vorderuberg nella Stiria incominciò a distendersi sotto il carico di 500 cantaja, e dette subito segni di screpoli in più siti verso gli angoli delle quattro facce.

Nell' accrescere la carica fino a 800 cantaja conobbi essersi la maglia notabilmente riscaldata nel luogo della rottura, ed ivi manifestare con molta intensità indizj di magnetismo; mentre il moto concepito per la dilatazione cessava di tratto in tratto, almeno in apparenza. Coll' aumentar gradatamente la carica, essa maglia ch' era lunga 9 pie. sulà alla fine un' allungamento di 8 poll. assai sensibile presso il suo mezzo, il quale fu accompagnato dalla diminuzione della di lei grossezza nel sito della frattura; e tale che mentre prima era di altezza poll. 2, e di larghezza poll. 1, divenne nel medesimo sito in una faccia poll. $1\frac{1}{2}$, e in un' altra $\frac{3}{4}$ di poll. Dalla frattura in poi la larghezza delle sue facce andava insensibilmente accostandosi alla sua grossezza originaria. Non m'intrattengo a descrivere ulteriormente tutte queste circostanze, perchè esse sono state già osservate ed esposte da altri; aggiungerò solo che le maglie messe a sperimento non poteano essere di miglior qualità, e preparate in una più soddisfacente maniera.

La seconda maglia della fabbrica del Conte Scharfenberg fu del pari caricata e si ruppe col peso di 800 cantaja; ma osservai di non essersi essa alquanto allungata che verso l'ultima sovrapposizione di peso, e distinsi precisamente che il difetto proveniva dalla saldatura nel suo mezzo e propriamente verso la metà della minor faccia di 1 poll., attesochè quivi nel solo senso della sua larghezza mostraronsi tracce di una frattura dentata, e di contorcimento nella superficie; laddove nell' altra metà di essa faccia la maglia appariva più levigata e più liscia.

La terza maglia finalmente della fabbrica di Rehberg venne in pari modo caricata col peso di 800 cantaja, palesò una minore dilatazione della precedente, e fu d'accordo colla medesima nell' estrinsecare nel sito in cui si ruppe un difetto assai sensibile di saldamento. Or essendosi anche prima saggiate le stesse maglie di ferro con 400 cantaja, senza dare alcun indizio di allungamento, tranne quello deri-

vante dalla loro elasticità naturale, il quale ascendeva a linee $3\frac{1}{2}$ circa, e che sparve subito che si tolse via il carico sovrapposto; se ne conchiude, che il peso necessario alla dilatazione è a quello che si richiede per la frattura come 1 ed anche più a 2; supponendosi però esser le maglie d'una solidità e interezza uguale a quelle della prima delle tre descritte. Ma se si ammetta che le altre due fossero poco unite nei loro elementi, e mal saldate nelle commessure come lo dimostrarono di fatti; allora le 800 cantaja non giungono a spezzar una grossezza di 2 pollici quadrati, come si potrebbe credere per avventura. Quindi 1 poll. qu. ha ben resistito al peso di 400 cantaja ed alle poderose percussioni del martello prima che siasi franta la maglia. Riflettendo poi che le due ultime spranghe non si sono rotte istantaneamente, ma nell'intervallo di alcuni minuti, non so cosa potrebbe opporsi a chi asserisse, che per vincere la forza o la resistenza assoluta di 1 poll. quadr. vi bisognano 800 cantaja, se la separazione delle parti nel luogo della frattura si consideri come preesistente.

Il secondo saggio fu intrapreso eziandio con altri tre pezzi affin di scandagliare l'assoluta resistenza del ferro in generale, e per iscorgere l'influenza che aver potrebbe la varietà della forma dei membri delle catene sull'assoluta resistenza delle medesime.

Il primo di tali pezzi era stato composto in Hohenwang nella Stiria, avea una sezione di 2 poll. quadr., e non volli adoperarlo come parte delle catene, perchè difettoso. Resistè perfettamente bene al carico di 424 cantaja ed ai soliti colpi di martello; si allungò assai poco sotto il peso di 500 cantaja, ma si fransè con uno scoppio sonoro circa 5 poll. lontano da un suo estremo al peso di 643 cantaja. Allora mi accorsi essere il ferro nel sito della frattura scorioso e di color nero, avendo almeno nel terzo della sua lunghezza delle fessure impercettibili prima che si fosse assoggettato a sperimento; il che è una novella prova per convincersi dell'utilità di saggiare precedentemente gli elementi sostenitori del ponte, come fu sempre da me praticato con felice successo, e che io non credo mai d'inculcare abbastanza ai miei lettori.

Gli altri due pezzi erano di tutt'altra forma: rappresentavano anelli bislunghi di lunghezza 9 piedi, e formati a quattro facce, ciascuna della larghezza di 1 poll.; e per conseguenza ognuno risultava della spessorezza di 2 poll. quadr., pari a quella delle descritte maglie. Il primo di essi anelli trovandosi completamente finito mentre vedevasi tuttavia rovente riuscì debole, laddove l'altro battuto anche dopo di essersi raffreddato risultò più rigido e più compatto; se non che nel martellar quest'ultimo nel sito in cui convenne saldarlo, la sua sezione, per la poca diligenza che si ebbe, fu ridotta a 100 lin. quadr. Si sospettò quindi con fondamento di doversi rompere il pezzo appunto dove era minore la sua grossezza, e questo segno ci servì di guida nello sperimento. Per risultato si ebbero le seguenti cose.

Il primo degli accennati due anelli collocato sulla macchina e sottoposto al carico di 400 cantaja cominciò a distendersi e si ruppe sotto cantaja 776, dopo un allungamento di 15 lin. Il ferro era da pertutto omogeneo e di buona qualità, la sua frattura in lunghi denti e filaneritosa, e sembrava possedere in generale tutti quegli attributi che danno ottimi fili dello stesso metallo. Il secondo anello quantunque composto della stessa specie di ferro, avea nondimeno contratto, per essersi battuto freddo col martello, un suono assai più elevato del precedente, crebbe in lunghezza appena 6 lin. sotto il peso di 600 cantaja, e si spezzò con un forte scoppio, quando queste giunsero al numero di 643. La frattura avvenuta precisamente nel sito della minor grossezza senza riscaldamento alcuno, era liscia e d'una grana biancolucida, e manifestò de' segni di forza magnetica, attraendo a se le piccole schegge di ferro che le si ritrovavano d'intorno. Egli è fuor di dubbio, che prescindendo dalla succennata inavvertenza usata nel preparare questo anello, avrebbe il medesimo per le sue d'altronde favolevolissime qualità, resistito anche senza rompersi al peso di 900 cantaja, cioè a 450 cantaja per ogni pollice quadr.; e che in grazia della picciola dilatabilità sua si avrebbe potuto impiegarlo con piena sicurezza sino al peso di 300 cantaja per ogni poll. quadr. I capitalisti azionarij

però prima che si fosse approntata la macchina di cui ho parlato, volero che se ne costruisse un modello d'una grandezza e solidità atte a renderla esercibile colla forza di 30 cantaja. Io approfittando allora di questa occasione, mi avvalsi di siffatto strumento per istituire altre sperienze in piccolo dello stesso genere, i cui risultati non tlascerò neppure di qui esporre convenevolmente.

Dai saggi indicati finora sulle spranghe di ferro si è veduto provenir la frattura nel maggior numero dei casi dal più o meno di allungamento, antecedente alla sovrapposizione del massimo peso. Or dal non aver io letto nella più parte dei trattati che riguardano simili materie, qual sia la quantità di tempo che si richiede affinchè una carica la quale ha incominciato a far dilatare una spranga, la faccia rompere in seguito, mercè la sua non interrotta azione, mi son determinato a intraprendere questa ricerca. Nell'analisi dei fatti che vi conducono mi è parso, che il movimento espansivo prodotto negli elementi del ferro sottoposto ad una certa quantità di peso, non debba per niuna ragione cessare, qualora la massa di esso peso, o la sua gravitazione, continua ad agir sempre all'istesso modo. A tal effetto mi son servito di una spranga di ferro, adattabile al succennato modello, lunga 18 poll., larga nella faccia più grande 3 lin., e nella più piccola 2 lin.: per non essersi la medesima fabbricata sotto i miei occhi, io non conoscea la qualità del ferro che vi si era impiegato. Incominciai adunque dal caricare questa spranga della sezione di 6 lin. quadr. col peso di 1000 libbre; ma non ravvisando peranche alcuno abbassamento nella leva, e quindi niuna dilatazione nelle parti di quella, accrebbi per ogni ora il peso di 100 libbre, cosicchè nel primo giorno dello sperimento la carica si trovò essere di 2000 libbre. Lasciai in questo modo la spranga per 24 ore, e mi accorsi per mezzo dell'indice che marca lo spostarsi della leva dalla sua posizione orizzontale, essersi la medesima alquanto abbassata, e quindi allungata la spranga; ma avendo rimisurata la spranga, rinvenni che non avea subito niun cangiamento riguardo alla sua massa primitiva; onde conchiusi che l'osservata dila-

tazione non avea ancora ecceduti i confini dell'elasticità. Rimessala indi di bel nuovo sulla macchina, aggiunti alle prime 2000 libb. altre 50, facendo così rimanere il tutto per altre 24 ore; decorse anche queste, ripresi a misurar la spranga senza però trovarvi alterazione visibile, in guisa che mi fu forza rinnovare inutilmente questo tentativo per 12 interi giorni. Infine, allorchè proseguendo ad aggiungere peso sopra peso ascesero le libbre al numero di 2600, si ruppe la spranga alcuni minuti dopo nel terzo della sua lunghezza, ed osservai di non essersi allungata che per 1 lin. soltanto. La frattura mostravasi a un dipresso piana, di una grana minuta e di color bigio-chiara, eccetto in un angolo in dove si vedea una macchia bruno-scura della superficie di circa 0, 1 lin. qu., proveniente forse da corrosione ruginosa, oppure dalla mescolanza di qualche corpo straniero. Del rimanente il ferro non era affatto crudo e tigioso: avendo battuto con molta forza il pezzo più lungo della spranga contro le facce di altra spranga assai più massiccia, ad ogni percossa che io gli facea subire esso incurvavasi sensibilmente, ma sempre in modo che poteasi poscia rimettere e raddrizzare colla mano; anzi poco o nulla valse il ripetere per più di dodici volte la medesima operazione; giacchè piegavasi lo stesso in più siti, e non mi riuscì mai di romperlo o totalmente o in parte.

Il risultato di questo sperimento si oppone a mio parere alla proposizione del Navier, il quale come abbian detto altrove, vuole che il peso necessario a far dilatare una spranga sia a quello che basta a produrvi la frattura come 1 a 3; e sian certi che la carica cui possa reggere la spranga è di gran lunga maggiore di quella che il Navier stabilisce nella sua regola.

Una nuova spranga simile alla prima in lunghezza, e differente nella grossezza ch'era di 3 lin. per $1\frac{1}{2}$ lin. formò il soggetto di un secondo sperimento. Nella sovrapposizione del peso procedetti come nell'antecedente esperienza, e fino alla somma di libbre 1780 non seguì nulla di rimarchevole. Allora presi la spranga e la cacciai nel fuoco, facendovela rimanere fino a divenire color di cirieg: indi postala di

bel nuovo fredda sulla macchina, mi avvidi ch'ella erasi dilatata di 2 lin. sotto il peso di 1080 libbre, seguendo tuttavia a distendersi gradatamente coll'aggiunta di 20 libbre per ogni 24 ore. In questo frattempo le facce della spranga s'incurvarono e inciesparono ugualmente in più siti, e non ostante un accrescimento di peso fino a 1520 libbre ed una dilatazione di 6 lin. in più punti, la spranga non si franse minimamente; nè giovò l'aggiungere altre 40 libbre in 4 giorni sussecativi, attesochè non diede neppure segni di ulteriore espansione: cosicchè incominciai a riguardare per falsa la credenza in cui mi stava, che un peso il quale ha principiato a produrre dei movimenti espansivi in una spranga, debba necessariamente prostrar la durata dei molecolari. Allora rivolsi la mia attenzione nello indagar la causa perchè non continuasse ad aver luogo siffatta dilatazione; e cogli strumenti ch'erano in mio potere esaminai per quanto mi fu possibile molti pezzi delle spranghe precedentemente spezzate. In una in particolare della sezione di 2 poll. quadr. mi venne fatto di scorgere, che laddove erasi essa impicciolita in forma piramidale verso la frattura, passavasi al disopra nel senso trasversale una lima, si mostrò quella esser più dura che in tutt'altra parte: ed al contrario adoperata la lima nel senso della lunghezza della medesima spranga nello stesso luogo della frattura, i solchi che v'imprimeva erano assai più profondi e più marcati che altrove. Da questo fatto credei di poter a ragion conchiudere, che lo stiramento prodotto dal peso, tendendo ad attenuare la coerenza delle fibre longitudinali del ferro, ne avvicina contemporaneamente le molecole nel senso trasversale; e che in conseguenza la forza di coesione divenendo maggiore in questo sito fa sì che la spranga la quale nel corso dello sperimento si annunzia nella propria grossezza, offra alla totale divulsione delle sue parti ed alla stessa dilatazione una resistenza più considerevole di quella, che opponea quando era d'una sezione anche più grande. Quindi mi parve altresì che il ferro nel luogo della frattura fosse di una gravità specifica maggiore del rimanente della spranga; se pure la coesione delle sue fibre ivi considerata e per lungo e per

traverso non dovesse formare equilibrio, non avendo allora per tal saggio nè istrumenti nè tempo opportuno. Le osservazioni sulla maggior resistenza assoluta dei fili di ferro, i quali debbono questa loro proprietà alla diminuzione del loro diametro nel passare per la trafilatura, possono esser forse di conferma a queste mie congetture (1).

Infine rapporterò un'altro sperimento. Avendo fatto preparare in mia presenza tre spranghe del miglior ferro di Stiria, lunghe 18 poll. e della sezione di 3 lin. quadr., feci limarle dove conveniva affin di renderle perfettamente uguali. Quindi nel mezzo di una di esse e per lo tratto di 6 poll. feci battere a freddo col martello finchè una parte della spranga, di lunghezza di 3 poll., divenne della sezione di $1\frac{1}{2}$ lin. Adattai poscia sulla macchina ciascuna delle altre due spranghe che non avevano sull'atto questo preparamento, e caricandole successivamente del peso di 1180 libbre, esse si ruppero sotto questa carica, mostrando con ciò di essere d'una stessa forza e qualità. La terza spranga intanto, ch'essendo della sezione di $1\frac{1}{2}$ lin. quadr. avrebbe dovuto frangersi sotto il peso di 590 libbre, spezzossi nondimeno sotto il carico di 1120 libbre e nel mezzo appunto de' 3 poll.

Volendo ora a norma di questo sperimento giudicare di altre spranghe della sezione di 1 poll. quadr., osserveremo che adoperate le stesse senza essere battute come le due prime, esse dovrebbero reggere al carico di 27320 libbre; ma se poi assoggettandole fredde all'azione del martello sono preparate simili alla terza, allora dovrebbero sostenere il peso di 57320 libbre. E qui occorre avvertire che le conseguenze,

(1) Sono obbligato alla gentilezza del signor Lidner Maggiore dell'imperiale e reale artiglieria di un più esatto sperimento intorno alla riferita gravità specifica. Dell'aver pesato due porzioni eguali di ferro una nel luogo della frattura, e l'altra presa in un sito in dove la spranga non avea sofferto strarimento alcuno, io mi avvidi di essermi ingannato nelle mie congetture; giacchè risultando la prima porzione del peso specifico di 7,713, e la seconda di 7,789, la più grande durezza osservata di sopra presso la frattura non potea derivare dalla maggiore intensità del metallo. Mi convince sempre più di questa verità il piombo, a cagion d'esempio, il quale nel mentre ch'è più intenso e più compatto del ferro, è di questo assai più molle.

dedotte in riguardo ai lavori fini di ferro cui viene applicata l'opera del martello, non si estendono indifferentemente a quelli più grossolani dello stesso metallo; per essere i primi d'una esattezza che gli altri non hanno, e di una intensità di forza più difficile ad esser vinta.

In seguela del detto finora in tutto il corso di questo paragrafo si rileva, ch'io sono perfettamente di accordo col Navier in quanto alla regola da lui stabilita, di non doversi nei ponti sospesi ai differenti pezzi di ferro sovrapporre un carico al di sopra della sua elasticità naturale; ma che ciò non ostante è a un tempo mio avviso, potersi conferire al ferro mercè diligenti e accurati lavori un sì alto grado di elasticità e di coerenza nelle sue parti, che il rapporto assegnato dallo stesso autore di 1 a 3 tra il peso il quale non pregiudica agli effetti della elasticità, e quello che genera la frattura, dee considerarsi come troppo eccedente e svantaggioso all'economia di simili intraprese: che si potrebbe portar più lungi questo rapporto, coll'accrescere il suo primo termine, qualora non si tralasci di sperimentare precedentemente uno per uno, i pezzi e le parti tutte costituenti le catene; diligenza che è appena valutabile in confronto della diminuzione del peso e del capitale, e che non può trascurarsi senza compromettere la sicurezza del Pubblico anche quando si voglia strettamente seguire la regola prescritta dal Navier. Una tale verità dee tanto più interessare specialmente nei grandi ponti, quanto che le maglie delle catene ed i rimanenti pezzi sono di una circonferenza che non permette sempre di ben distinguere ad occhio nudo le interne fenditure che alle volte occupano più della metà della loro grossezza. L'esposto fin quì vuolsi però riguardare come l'effetto semplicemente di mie idee private, le quali io mi son deciso di pubblicare sull'imparziale giudizio di uomini di molto ingegno e pieni d'una ben nota esperienza. Ritorniam pertanto al proseguimento dei nostri calcoli.

§. II.

Nel §. prec. abbiamo fatto conoscere i valori delle tensioni Q e T , nel caso in cui il pavimento del ponte fosse tutto ricoperto nella sua superficie d' un carico accidentale: importa ora di determinare il valore delle stesse grandezze, in quanto esse si rapportano soltanto al peso proprio o costante della costruzione. A tal uopo servendoci delle formole di sopra esposte, e cangiando il valore di $p = 2635$ Kil. in quello di 763 Kil., si avrà $Q = 94731$ Kil. $= 169331$ libb. e $T = 98542$ Kil. $= 176143$ libb.; ed in conseguenza ricadono per ogni millim. quadr. del ferro delle catene della tensione T , $\frac{98542}{22208} = \text{Kil. } 4, 853$, ovvero sopra un poll. quadr. libb. 5504 . Facendo uso della stessa formola, nel ponte del Navier sopra un millimet. quadr. corrispondono Kil. $9,67$ di peso proprio, ossia sopra un poll. quadr. 12219 libb.; e perciò è evidente che secondo i valori ottenuti nel §. prec. le catene del nostro ponte trovansi sostenere un carico accidentale maggiore di quello del ponte di Parigi; mentre poi tenendo conto del semplice peso della costruzione il rapporto è viceversa, e precisamente con una diminuzione significativa in favore delle nostre catene. Non si stenterà molto a comprendere la ragione di questo fatto se si considera, che il signor Navier nel §. 285 della sua memoria assegna 195 Kil. ossia libb. 348 di peso accidentale per ogni metro quadr., laddove nel nostro ponte ad ogni metro quadr. come quarta parte di una tesa quadrata si sono date circa 750 libb. Relativamente poi al peso costante, siccome esso è meno dipendente dall' arbitrio, le parti del ponte di Parigi e segnatamente le traverse di ferro hanno una esuberanza di peso da non iscorgerla sì facilmente nel nostro ponte, in cui le catene per la più semplice struttura del pavimento debbono resistere ad uno sforzo minore. Che se si domanda a quale di questi due ponti risultano più van-

taggiate le condizioni che gli accompagnano, io rispondo esser tanto più giusto di decidersi in favore di quello di Vienna, quanto che per la sua permanenza il peso proprio della costruzione è il più pericoloso, e nel caso di eccesso è di più funeste conseguenze di quel che possa esserlo nella stessa ipotesi un carico accidentale transitorio, cui rarissime volte o quasi mai mette in compromesso l'elasticità e la forza delle catene.

Della forza delle catene di ritenuta.

§. 12.

Nel calcolare la resistenza delle catene di ritenuta possiamo partire da due differenti ipotesi: o che le pile su cui poggiano le catene si suppongono mobili al loro piede e cedenti per conseguenza all'azione del tiramento, o esse tengonsi come perfettamente stabili ed immote nella loro posizione. Per procedere intanto più oltre nei nostri calcoli, bisogna aggiungere alle grandezze indicate nel §. 10 anche quelle che si veggono scritte quì appresso.

1.° La distanza orizzontale tra il punto di attacco della catena di ritenuta e quello di appoggio sulle pile. . . $a = m. 25,051$

2.° La tangente dell'angolo costituito dalla parte estrema superiore della catena, e dalla orizzontale che s'intende tirata dal punto in cui la medesima catena si unisce alla catena di

sospensione $\text{tang. } \alpha = \frac{m. 9,796}{m. 25,071} = 0,3910423$

3.° Quindi lo stesso angolo $\alpha = 21.^\circ 21'. 27''. 5$

4.° Il peso corrispondente ad un metro della catena di ritenuta, la quale s'inclina all'orizzonte sotto un angolo di $13.^\circ 5'. 11''$. . . $\sigma = \text{Kil. } 394,133$

Il peso totale delle catene di ritenuta da una sola riva è uguale a Kil. 10080=18000. libb.

Or restando ferma la prima ipotesi, in cui le pile si considerano come mobili nel loro piede, la tensione delle catene di ritenuta che noi chiameremo R paraggerà la somma delle tensioni orizzontali della catena di sospensione, cioè sarà

$$R = \frac{Q}{\cos. \omega}$$

ossia $R = \text{Kil. } 337942 = 604071 \text{ libb.}$ sostituendosi invece di Q il suo valore 314734 già ritrovato.

Nella seconda ipotesi se si assuma che le catene di ritenuta sieno suscettive di allungamento, mentre si diminuisce la saetta della loro curvatura; allora dovendo esse sdruciolare al di là delle pile verso la catena di sospensione, la loro tensione sarà eguale alla tensione T di sopra determinata, meno lo strofinio delle catene sulla superficie curva del masso di ferro-fuso. Espresso poi con $F = 0,028$ il rapporto dello strofinio alla pressione, le formole per la seconda ipotesi e pel caso dell'allungamento delle catene di ritenuta saranno

$$R = T - \phi. \pi \frac{a + \omega}{180}$$

$$R = T + \phi. \pi \frac{a + \omega}{180}$$

dalle quali si troverà

$R = \text{Kil. } 272788 = 487608 \text{ libb.}$ ed $R = \text{Kil. } 392937 = 702404 \text{ libb.}$ sostituendo invece di T il suo valore di 327396 Kil. ottenuto nel §. 10. Le pile in fatti non sono mai di tanta fermezza da non vacillare per una quantità impercettibile or da una banda ed ora dall'altra, senza che intanto ne soffra in modo alcuno la solidità; ed in conseguenza il medio tra tutti i risultati avuti può passare pel vero. Nella supposizione però che avesse luogo l'ultimo ed il più svantaggioso dei casi possibili, quello cioè in cui la tensione di detta ca-

tena ha il valore di Kil. 392937, qual sarà in questa circostanza il peso che sostener deve un millim. quadr. della catena di ritenuta? Nel §. 5 si è veduto aver le medesime unitamente una grossezza di 25940 millim. quadr.; onde il fratto improprio $\frac{392937}{25940}$ darà Kil. 15, 140 per ogni millim. quadr., ovvero 18814 libb. per ciascun poll. quadr.

Avendo io già detto che le maglie di queste catene sono della sezione di 2 $\frac{1}{3}$ poll. quadr., e che hanno resistito al peso di 466 cantaja, oltre alle significanti percosse del martello, ognun vede che qualunque timore circa la loro resistenza non sarebbe che mal fondato; tanto più che anche quì abbiamo tenuto conto del più gran peso possibile. Se si cercasse di ottenere il valore di R, avuto riguardo al peso proprio della costruzione, si troverebbe $R = 115576 \text{ Kil.} = 205698 \text{ libb.}$, e sopra un millimetro quadrato cadrebbero Kil. 4,455, o sopra 1 poll. quadr. 5484 libb., l'ottava parte cioè di quel peso, che secondo le teorie del Navier farebbe rompere la maglia.

Indagini sulla stabilità delle pile.

§. 13.

Di principalissima importanza egli è il requisito che le pile le quali costituiscono il sostegno del ponte, poichè su di esse trovasi il punto di appoggio delle catene, abbiano una fermezza proporzionata alla risultante o pressione medìa che nasce dalla tensione rispettiva delle stesse catene: ed in particolare nel nostro ponte in cui le pile sono di mattoni della miglior qualità, non è di piccolo interesse il determinare con esattezza di quanta resistenza sieno esse capaci. Onde procedere anche in questa ricerca collo stesso metodo del Navier, noi riguarderemo di bel nuovo l'assunto sotto un doppio punto di veduta. Fingeremo in primo luogo che le due catene di sospensione e di ritenuta sieno permanentemente fermate sulle pile nel loro punto di congiungimento, e che que-

ste intanto s'inclinino con libertà verso quel lato da cui è più poderoso il tiramento delle catene. Per secondo supporremo che le pile sieno del tutto ferme sulla loro base, e che al contrario una forza più o meno impellente faccia scivolare o la catena di ritenuta verso quella di sospensione, o viceversa. In tutte e due queste ipotesi si richiede sempre come massima principale che le pile sieno suscettibili di quella soda reazione che le rende superiori allo sforzo del peso per rovesciarle; alla qual cosa contribuisce anche moltissimo la loro situazione, e la località del punto di appoggio. Nel primo caso in cui si suppone barcollante una delle due pile, si esige per lo stato di quiete e per l'equilibrio dell'opera che la somma delle tensioni orizzontali R nella catena di ritenuta equivalga perfettamente alla somma delle tensioni orizzontali Q della catena di sospensione; in guisa che l'una non ceda punto all'altra. Noi abbiamo già calcolato queste due forze, e vedemmo nel §. 10 essere il valore di $Q = 314734$ Kilog., e quello di R nel §. 12 uguale a 337942 Kilog. Paragonando ora tra loro questi due risultati troviamo che nella catena di ritenuta evvi un eccesso di forza espresso da 23208 Kilog.; e quindi la stessa catena di ritenuta non verrà costretta a cedere alla catena di sospensione, nè mai le pile vacilleranno e molto meno rovineranno, malgrado il supposto loro barcollamento.

Venendo inoltre al secondo caso, nel quale si considerano le catene riposare sul masso di ferro fuso, in modo che possano trascorrere or quì ed or là per difetto di loro assodamento, riguarderemo le pile come alti prismi di significante grandezza, saldi è vero, sulla loro base, ma non pertanto esposti a cedere al tiramento di quella catena dalla cui banda sieno maggiori le tensioni. Così premesso, se la catena del senso contrario all'altra di tiramento maggiore non basti a contrapporre una resistenza capace d'impedire lo sdrucchiolo sull'anzidetto masso, la pila sarebbe obbligata a volgersi intorno al punto anteriore della sua base e a rovesciarsi finanche, se il suo centro di gravità venisse a cader fuori del perimetro della base istessa.

Dippiù nelle costruzioni di cui trattiamo, siccome stabilito una

volta l'equilibrio, un incremento di peso può aver soltanto luogo nel pavimento, così la cagione dello sdrucciolo esisterà solo dalla parte della catena di sospensione, e sarà sempre innocente ne' suoi effetti, finchè il già ottenuto valore di R sia per lo meno equivalente all'espressione $\frac{Q}{\cos. \alpha}$. Questi valori sono stati appunto ritrovati nel parag. precedente, cioè $R = 392937$ Kilog., e $\frac{Q}{\cos. \alpha} = 337942$ Kilog., con che

le condizioni messe in esame restano pienamente soddisfatte, e più di quel che si richiede.

Si può però obbiettare che la grandezza $\phi = 0,28$ esprimente il rapporto dello strofinio alla pressione sia talvolta di un valore più piccolo, e in conseguenza il valore di R , in cui ϕ entra come coefficiente di uno de' suoi termini, resti in proporzione diminuito. Noi lungi dal non rispondere al dubbio che ci si promuove, vogliamo anzi mettere $\phi = 0$, e allora R diverrà uguale a $T = 327396$ Kilog. ch'è la somma di tutte le tensioni verticali nella catena di sospensione: perciò la condizione di sopra stabilita, cioè che R sia per lo meno $= \frac{Q}{\cos. \alpha}$, rimarrà

inadempita; e la pila potrebbe rovesciarsi, se la risultante di queste forze le quali agiscono in modo ineguale cade fuori della sua base. Ma questo caso non è possibile che si dia nella nostra costruzione, in dove la lunghezza della base di ciascun piè-dritto è di m. 3,16, ossia 10 piedi, e l'asse del masso di ferro fuso, collocato sul piè dritto sopra una superficie parallela alla medesima base, trovasi verso la catena di ritenuta 10 poll. distante dalla verticale che passa pel centro di gravità del piè-dritto. La forza media o la risultante delle due forze $R = T = 327396$ Kilog., e $\frac{Q}{\cos. \alpha} = 337942$ Kil. viene espressa nella sua direzione da

$\frac{\omega - 2}{2}$ ch'è un angolo di $2^{\circ} 41'. 14'', 75$, venendo un tal angolo formato

dalla medesima direzione della forza media e dalla verticale abbassata dal

vertice comune dei due angoli α ed α . Questa direzione cade nella base del piè-dritto: e poichè la verticale tirata dal centro del masso di ferro fuso dista 10 poll. dall'asse del piè-dritto; l'anzidetta direzione incontrerà la base del medesimo piè-dritto per circa 1 pie. 9 poll. lontano dal di lui asse. Quindi è chiaro che anche nella supposizione di $\varphi = 0$ non vi ha niun pericolo a temersi: e non potendo mai aver luogo nella pratica questo caso, come pure essendo difficilissimo che il rapporto dello sfornio alla pressione si allontani di molto da $\varphi = 0,28$,

saremo certi che la risultante delle due forze R e $\frac{Q}{\cos. \alpha}$ cadrà vie più discosto dall'estremo inferiore della pila, nel quale essa rivolgendosi potrebbe inclinarsi verso il pavimento. Situando adunque il masso di ferro fuso 10 poll. lontano dal mezzo della pila, si ottiene a un tempo il duplicato vantaggio 1.^o della maggiore stabilità de' piè dritti, 2.^o della simmetria delle aperture per le catene di sospensione e per quelle di ritenuta, che vengono a ritrovarsi alla medesima altezza.

§. 14.

Fra le cose osservate fin qui sulla stabilità delle pile non ho trascurato di ricordare che alle medesime, sieno esse o no barcollanti nella loro base, debbe in ogni modo convenire una resistenza atta a far fronte alla pressione obliqua delle catene di sospensione e di ritenuta. Dimostriamo ora che questa resistenza non è loro manchevole, benchè il mattone sia il solo materiale di cui si compongano. La quantità della pressione nel senso della risultante trovasi colla formola $Q \tan \alpha + R \sin \alpha = 232951 \text{ Kil.} = 416400 \text{ libb.}$

Supponiamo che la base del masso di ferro fuso, il quale per la sua solidità molto superiore a quella della muratura sottoposta è da riguardarsi come rigidissimo e da non poter soffrire il più picciolo schiacciamento, sia la superficie di pressione. Questa base trovasi esser lunga 5 pie., larga 2 pie., e quindi della superficie di 10 pie. quadr.; ed es-

sendosi considerato finora il peso come agire sopra entrambi i piè-dritti che costituiscono la pila, ragion vuole che si facciano entrare anche a calcolo tutte e due le basi degli stessi massi, le quali formerebbero perciò il doppio di una di esse, cioè 20 pie. quadrati. Simili massi di ferro fuso non poggiano già immediatamente sulla fabbrica di mattoni, ma come si è detto altrove, sopra forti pietre di taglio lunghe 1 t., larghe 3 pie., ed alte 1 pie. Queste sono anch'esse suscettibili di una resistenza maggiore di quella dei mattoni, e distribuiscono su di una superficie più estesa la pressione che ricevono. Onde non rendere però inutilmente più complicate le operazioni, io non farò neppur uso di siffatto vantaggio in favore della resistenza della muratura; e supporrò a mio discapito che i massi di ferro fuso sieno immediatamente collocati sulla fabbrica di mattoni.

Il signor I. A. Eitelwein nel 2.^o tomo del suo manuale concernente la statica de' corpi solidi riferisce, che un mattone di buona qualità e dell'ordinaria grossezza resiste al peso di 1124 libb. per ogni poll. quadr. Secondo lo stesso autore adunque le nostre pile che offrono ciascuna nella parte premuta una superficie di 20 pie. quadr. ossia di 2880 poll. quadr., dovrebbero sostenere il peso di 3237120 libb.; e pure le medesime non trovansi caricate che del peso di 416400 libb., cioè di circa l'ottava parte di quel che potrebbero sopportare.

Con un rapporto sì evidentemente favorevole alla resistenza delle pile, io mi credo dispensato dal mettere a calcolo la pressione degli strati superiori delle pile sugli strati inferiori, ed in compenso la coesione della parte della muratura sottoposta al masso di ferro fuso, colla rimanente porzione delle pile la quale non ha altra pressione che la sola propria gravità. Nel trascurare siffatti risultati credo di poter sostenere, che le pile sono dotate sufficientemente della resistenza ch'è loro necessaria, e che perciò vi sarebbe stata inutile profusione di materiali di maggior dispendio, se si avessero voluto adoperare pietre di taglio in vece di mattoni.

Le colonne di pietra proposte dal Navier nel suo ponte di Parigi

sono caricate ciascuna con 280 Kil.=500 libb. per ogni 25 centimet. quadr. della superficie della base; e però 25 centimet. formando circa 3 poll. 4 lin. 2 pun. quadr. della nostra misura, sopra ciascun poll. qu. cadono come nel nostro ponte 150 fino a 160 libb.; colla differenza che il signor Navier calcola l'intera superficie circolare della base, laddove noi di tutta la base unita dei due piedritti ch'è di 100 pie. qu. non ne abbiamo presa che 20 semplicemente, cioè la sola quinta parte. Così pure il signor Navier ha assegnato ad ogni palafitta inferiormente alle colonne un carico di 34000 Kil.=60758 libb.: e se noi vogliamo del pari conoscere il peso che sovrasta ad ogni palo impiegato nella nostra costruzione, conviene che stabiliamo prima il peso di 361000 libb., che può al più corrispondere a tutta la muratura ch'è di circa 13 t. cubiche; ed indi unite queste alla pressione di sopra indicata di 38129 libb., ne dividiamo la somma 742129 libb. per le 48 palafitte che trovansi al di sotto della fabbrica; ed otterremo in ultimo che appena 15461 libb. cadono per ciaschedun di essi pezzi.

§. 15.

Ci rimane ora ad intrattenerci intorno al punto di attacco delle catene di ritenuta. Dalla descrizione fittiva e dal disegno corrispondente apparisce, che l'armatura della catena di ritenuta è al di sotto del punto di appoggio della catena di sospensione per la verticale di 13 t. 1 pie. 3 poll., e superiore al fondo del fiume per 2 t. 1 pie. 3 poll. Essa armatura ossia le tavole di ferro fuso, nelle quali vanno praticati due solchi semicilindrici per dar luogo ad altrettanti perni principali, sono collocate da entrambe le parti delle catene di ritenuta e perpendicolari alla direzione delle medesime; hanno un'altezza di 5 pie., una larghezza di 1 pie. 6 poll. (per conseguenza due in ogni lato di 3 pie.), ed una grossezza media di 9 poll. Queste tavole serrano immediatamente in faccia a pietre di taglio levigate nella superficie di contatto, le quali distribuiscono uniformemente e in ogni senso la pressione sull'intera

massa di fabbrica. Fra' diversi metodi proposti dal Navier nelle sue teoriche, sezione II, per ottenere l'equilibrio di questa parte interessante dei ponti sospesi, mi son determinato a prescegliere quello che più si combina al nostro caso, e ch'egli ha convenevolmente trattato nel §. 160. In esso paragrafo si suppone che un corpo solido ed incompressibile per la sua durezza, resistendo al tiramento della catena di ritenuta, possa staccarsi dalla sua base ed esser costretto a volgersi intorno ad un suo estremo, che ha per sostegno un secondo corpo ugualmente solido, ogni qual volta riesca preponderante il tiramento della catena. Affin di rendere più chiaro il contorno di questo corpo che fortifica il più davvicino l'armatura, ho voluto aggiungere agli altri disegni della II tavola anche la di lui figura marcata col n. 4. A B è la linea sulla quale poggiano le tavole di ferro fuso, ed è menata perpendicolare alla direzione delle catene. B C è una verticale condotta attraverso alla fabbrica sovrapposta all'armatura, che si suppone esser la linea in cui distaccasi il corpo resistente nell'ipotesi che venga sollevato. C D esprime la linea in cui termina superiormente il corpo che trovasi nel senso della rampa del ponte. D G la linea apparentemente divisionale di esso corpo dall'altro prossimamente contiguo, il quale secondo corpo quantunque formi col primo un sol masso, si è nondimeno distinto dal medesimo, perchè quello è grosso 10 piedi, ed il secondo 7 pie. 6 poll. La linea G A che ne chiude il perimetro indica il luogo nel quale esso si staccherà dalla base, allorquando verrà obbligato a girare intorno al punto di rivoluzione F. Finalmente i lati D E, E F, F G, G D, circoscrivono lo spazio occupato dal corpo che abbiamo distinto dal primo per la sua minor grossezza, ma che in realtà non forma col medesimo che un sol masso continuato.

Dalla figura rappresentante il descritto intero corpo potendosi rilevare e la sua precisa situazione nella fabbrica, e la località delle case in cui si riscuote il passo, le quali son costruite al di sopra di esso corpo; io mi dispenso dal far parola di altre particolarità che potreb-

bero riguardarlo. Aggiungo solo che dei due corpi componenti questo tutto ; il primo è di 4 t. 5 pie. 10 poll. cubici, ed il secondo di 4 t. 4 pie. 2 poll., come potrà verificarsi coll'applicar la scala alla figura.

Debbe inoltre avvertirsi, che il punto di rivoluzione F ha per rittegno invincibile i muri del terrapieno, il terrapieno istesso, e la fabbrica che incomincia dalla soglia della porta del ponte e finisce sino al proprio fondamento; e dippiù che i centri di gravità dei due corpi componenti il detto masso sono in H ed in K. Premesse queste notizie, allora le catene di ritenuta giungeranno a sollevare l'intero masso A B C D E F, quando la loro tensione vincerà la resistenza di quest'ultimo. Per calcolare la prima grandezza ossia lo sforzo della catena secondo il metodo del Navier, bisogna moltiplicare la massima tensione $R = 702404$ libb. ottenuta nel §. 12, per la perpendicolare $F M = 1,07$: il prodotto n'è di libb. 751568. Per aver poi la resistenza del masso A B C D E F è necessario di misurare le distanze dei centri di gravità dei due corpi in cui esso si concepisce diviso, dal punto F, e moltiplicar ciascuna di queste distanze pel peso del corpo rispettivo; alla somma dei due prodotti così ottenuti conviene aggiungere il momento della coesione della muratura nelle due superficie A G F e B C, che sarebbero nel nostro caso di 7 t. quadr., insieme con quello dell'attrito dopo di essersi superata la coesione. Noi però pel doppio oggetto e di rendere più semplice la cosa, e di persuadere che la minima resistenza possibile in cotesta parte essenziale del nostro ponte è più che sufficiente a stabilire il dovuto equilibrio, trascureremo di mettere a calcolo la coesione delle 7 t. quadr., non meno che l'attrito corrispondente alle medesime ed alle altre superficie a contatto della parte inferiore dei posti di percezione; e non tenendo neppur conto dell'intero peso di questi ultimi, considereremo semplicemente l'insieme dei prodotti delle suddette distanze dei centri di gravità dal punto di rivoluzione F per lo peso totale dei due corpi. La prima porzione A B C D G del masso resistente contiene come si è veduto 4 t. 5 pie. 10 poll. cubici., i quali calcolati alla ragione di 115 libb. di peso a piede cu-

bico; danno 1242 cantaja: questo numero moltiplicato per 3,77, distanza del centro di gravità di tal corpo dal punto F, dà 468834 libb. La seconda porzione D E F G dell' intero prisma pentagono è di 4 t. 4 pie. 2 poll. cubici, e per conseguenza del peso di 1166 cantaja; la distanza del di lei centro di gravità dal punto F è di 1,65: onde tutto il suo peso sarà di 192040 libb. I due prodotti ottenuti formando la quantità 660274 di resistenza da un sol lato; quella de' due lati sarà di 1320548 libb. Dal che si raccoglie, che lo sforzo delle catene è minore della resistenza di esso prisma per la grandezza 568380 libb.: quindi la più soddisfacente sicurezza intorno al generale equilibrio dell' opera. Non posso far a meno di ricordare che dalla tensione della catena avrebbe dovuto dedursi il suo peso, il quale non ascende a meno di 180 cantaja, e che oltre alla forza di coesione e di attrito, ed al peso dei posti di percezione, non si è fatto nemmeno parola della resistenza delle tavole di ferro fuso, le quali essendo le più distanti dal punto di rivoluzione F, hanno contemporaneamente una gravità specifica maggiore di quella della muratura, ed un peso assoluto che supera le 100 cantaja. Col mettere a calcolo tutti questi valori ed il peso della volta che congiunge i due primi, ognun vede che la quantità di resistenza del massiccio in esame sarebbe notabilmente accresciuta.

Degli effetti della dilatabilità del ferro.

§. 16.

Essendo proprietà fisica del ferro di allungarsi per certa porzione ogni qualvolta viene assoggettato all' azione di un peso, è naturale che questo medesimo effetto debba ugualmente manifestarsi allorchè si tratti di catene di qualunque grossezza, e per conseguenza anche di quelle del nostro ponte. Affin di determinare con esattezza la quantità di espansione prodotta nelle molecole di questo metallo, avvaliamoci d'accordo col sig. Navier degli sperimenti ottenuti su tale propo-

sito dal Duleau, i cui risultati consistono fra l'altro che una spranga di ferro della sezione di 1 mill. quadr. tirata col peso di 2 Kilog. si allunga di 0,0001. Si è più volte osservato che il peso da sostenersi dalle catene deve riguardarsi sotto il doppio aspetto del peso proprio della costruzione, e del peso accidentale nascente dall'uso che farsi del ponte; e che il secondo di essi, per l'eventualità cui va soggetto, può essere or più grande ed ora più piccolo, riserbandomi di calcolarlo tra quì a poco nel caso che sia il massimo possibile. Intanto è da notarsi che nella prima circostanza del peso proprio il ragionamento cade sulla sola catena di sospensione, attesochè nell'adoperare le catene di ritenuta si è data loro sin dal primo momento tutta la tensione di cui erano suscettibili; e se ad onta di ciò dovessero pur esse alquanto dilatarsi, l'allungamento sofferto poco o nulla si parteciperà alla catena di sospensione a causa dell'atrito sul masso di ferro fuso. Per la qual cosa le catene di ritenuta non contribuiranno che in picciolissima parte all'abbassamento del pavimento, del quale abbassamento noi veniamo di fatti a trattare or che ci occupiamo della dilatazione del ferro delle catene.

Incominceremo dal calcolare gli effetti operati dal peso costante sulla catena di sospensione. L'allungamento della metà della curva che le catene descrivono, della corda di 37 t. 3 pie. (m. 71,108), si determina molto approssimativamente colla formola.

$$\frac{ph^3}{E.2f}$$

Sostituiamo in essa i valori conosciuti nel §. 10, cioè la metà della corda $h = m. 35,561$, la ssetta della curva $f = m. 5,092$, il peso proprio della costruzione $p = 763$. E è uguale a 444160000, prodotto che risulta dal moltiplicare la sezione $\alpha = 22208$ mill. quadr. delle maglie considerate collettivamente, per 20000 ch'è il numero dei Kilog. necessarj, onde a norma del riportato sperimento del Duleau una maglia della sezione di un millim. quadr. si distenda sino a divenire il doppio della sua lunghezza.

Risolta questa formola co' valori ritrovati, si avrà che l'allungamento della catena di sospensione operato dal peso proprio è uguale a m. 0,00758 = 3 lin. 3 pun. A questo allungamento si deve aggiungere l'altro, prodotto nella rimanente parte della stessa catena, ch'è intercetta tra 'l punto corrispondente all'apertura del ponte, e tra 'l punto di unione colla catena di ritenuta sul masso di ferro fuso. La tensione di siffatta parte della catena è certamente la massima $\left[\frac{ph^2}{2f \cos. \alpha} \right]$ = 321045 Kilog.] ; e la sua lunghezza da una sola banda del fiume è di m. 2,370 = 1 t. 1 pie. 6 poll. : la formola poi

$$\frac{ph^2}{E. 2 f \cos. \alpha}$$

uguale a m. 0,00022 esprimerà l'allungamento. In fine sommando i due numeri 0,00758, e 0,00022 avremo m. 0,0078 = 3 lin. 5 pun. circa, ch'è l'allungamento della intera catena.

§. 17.

Se si vuole ora conoscere l'abbassamento ϕ del pavimento con essersi allungata di m. 0,0078 la catena di sospensione, si otterrà con bastevole esattezza la quantità che si ricerca mediante l'equazione

$$\phi = \frac{3h}{4f} \gamma$$

Qui però è di mestieri che pel valore di h s'intenda l'intera metà della congiungente i punti di sospensione, cioè $h = m. 37,932$, e di più per f , m. 5,688. Esprimendo con γ l'allungamento m. 0,0078, si troverà dalla proposta equazione $\phi = m. 0,638 = 1^o$ poll. 5 lin. 4 pun. Questo abbassamento derivando dal peso proprio della costruzione re-

sterà sempre tale quale si ebbe la prima volta che venne sospeso il pavimento. Ma se dal modo con cui si congegnano i membri delle catene, o dal modo con cui le catene medesime si costruiscono, risulti altronde un'ulteriore allungamento, ed in conseguenza un più sensibile abbassamento del letto del ponte, è di giusto che non si metta a calcolo una proprietà difettosa derivante dalla mano d'opera, ma si cerchi di rimediarvi in gran parte coll'esattezza de' lavori, come si è avuto forse occasione di osservare nel nostro ponte. Dal rapporto tra il dilatarsi delle catene ed il deprimersi del pavimento, ognun ravvisa di quanta importanza sia l'evitare ogni piccola differenza nella lunghezza dei varj membri delle catene, specialmente quando esse debbono essere collocate ad una medesima altezza, e di far particolare attenzione alla perfetta eguaglianza dei fori; mentre dato per avventura in una di queste sviste, non vi si può poi riparare senza il concorso di molte spese.

§. 18.

Avendo conosciuto nel §. prec. che il peso proprio della costruzione fa abbassare il pavimento, è chiaro che la massa intera del peso accidentale (di 126000 Kil., ossia di 225000 libb., e quindi di 1774 Kil. o 3169 libb. per ogni metro lineare, §. 8), benchè supposta da noi molto maggiore di quella ch'effettivamente non è, sia per produrre più considerabili effetti rispetto ad un tale abbassamento. Intanto non sarà inopportuno di aver anche riguardo all'allungamento delle catene di ritenuta, malgrado che esso per lo forte strofinio delle catene sul masso di ferro fuso, influisca pochissimo sulla depressione del pavimento. Operando in tal guisa si ha il vantaggio di conoscere precedentemente gli estremi confini dei casi possibili; e con ciò ogni accidente, che sopraggiungendo all'improvviso potrebbe supporre come conseguenza d'un difetto di costruzione, non sarà per attenuare la fiducia che deve riporsi nel perfezionamento di simili ponti.

Quindi prima d'ognaltro additerò lo stato in cui hanno a trovarsi le catene di ritenuta, allorchè preparato e sospeso il pavimento si apre l'adito al passaggio sul ponte. La loro tensione deve regolarsi in maniera che nel punto di appoggio sul masso di ferro fuso i tiramenti delle catene di ritenuta e di sospensione si distruggano, cioè *che sieno uguali tra loro le somme delle tensioni orizzontali*, ($Q = 314734 \text{ Kil.} = 562587 \text{ libb. } \S. 10$). Se dopo ciò non si avveri nelle catene una siffatta uguaglianza per l'influenza che possono avere i varj gradi di temperatura su di esse, quando sono specialmente di differente lunghezza e collocate in diverse posizioni; allora lo squilibrio che ne deriva è di troppo breve durata per meritar la pena di doversene occupare. La catena di ritenuta nella sua posizione obliqua lasciata libera a se stessa ed alla sua propria gravità, descriverà una curva la cui saetta viene espressa dalla formola

$$\frac{\sigma a^2}{8 Q}$$

In questa formola sostituendo invece di a la distanza orizzontale tra il punto di appoggio ed il punto di attacco di m. 25,051 ($\S. 12$), in luogo di σ il peso della stessa catena corrispondente ad un metro lineare = Kil. 394,133, e per Q il numero 314734, Kil. ($\S. 10$); si avrà m. 0,0982 = 3 poll. 8 lin. 10 pun. per la lunghezza della saetta. Di quanto poi la lunghezza effettiva della catena di ritenuta superi la corda che unisce i suoi estremi, si rileverà dalla formola

$$\frac{\sigma^2 a^2 \cos. \omega}{24 Q^2}$$

il cui valore è m. 0,00095. In questo stato si troverà dunque la catena di ritenuta dopo che si sarà sospeso e compiuto il pavimento.

Resta ora a sapere qual cangiamento si produrrà rispetto alla dimi-

nuzione della saetta ed all'allungamento dell' istessa catena, allorchè si incomincerà a far uso del ponte, posto che il peso accidentale corrispondente ad un metro lineare sia di Kil. 1774. Da tal domanda sorge inoltre l'altra quistione: quale influenza può aver mai l'oggetto delle nostre ricerche sulla catena di sospensione e sull'abbassamento del letto del ponte? Al primo di questi quesiti si soddisfa per mezzo della formola

$$\frac{\sigma^2 a^3 \cos. \alpha}{24 Q^2} \left[1 - \frac{p^2}{(p+\alpha)^2} \right] = m. 0,00087,$$

che sarà l'allungamento della catena di ritenuta diminuendosi la saetta della sua curvità. A questo risultato conviene anche aggiungere la dilatazione che soffre il ferro della stessa catena in seguito di una maggior tensione, il che si ritrova per mezzo della formola

$$\frac{Q \alpha. a}{E. p. \cos. \alpha} = m. 0,0004$$

in cui tutte le quantità sono note per ciò che antecedentemente si è detto. Occorre soltanto ricordare che per la costante E si deve intendere il prodotto della sezione delle maglie della catena di ritenuta considerate collettivamente $\Omega = 25940$ millim. quadr. per 20000 Kil. = 489300000. Laonde entrambi questi allungamenti cagionati dal peso accidentale formano m. 0,00127. Ripeterò anche qui che il peso accidentale da noi supposto è troppo eccedente per rapporto a quello che si combina nel fatto; e ciò in forza delle ragioni dianzi addotte.

§. 19.

Per rispondere al secondo quesito fa d'uopo ritornare alla ipotesi già tante volte ripetuta, cioè o che le pile si considerino amovibili nel loro piede, oppure perfettamente inamovibili.

Nel primo caso si dovrebbero le pile avvicinare tra loro a causa dell'allungamento delle catene di ritenuta e precisamente in ciascuna riva per la quantità $\frac{m. 0,00127}{\cos. \omega} = m. 0,00136$.

La metà della sottesa ossia della retta congiungente gli estremi della catena di sospensione venendosi con ciò a diminuire, il pavimento si abbasserebbe per la grandezza

$$\frac{3c}{4f} \pi = m. 0,000577.$$

In questa equazione c indica la metà della catena di sospensione a cominciare da uno de' punti di appoggio, $f = m. 5,688$, la metà di essa catena, ed π il surriferito avvicinamento delle pile in direzione orizzontale ed equivalente a $m. 0,00136$.

Nel secondo caso posto che la catena di ritenuta s'arruoli al di là delle pile per l'allungamento sofferto e ritrovato da noi nel §. 18 eguale a $m. 0,00127$, e che noi chiamiamo γ ; si otterrebbe l'abbassamento del letto del ponte mercè la formola

$$\frac{3h}{4f} \gamma = m. 0,0063 = 3 \text{ lin.}$$

in dove si è fatto come di sopra $h = m. 37,932$, ed $f = m. 5,688$.

Ci resta in ultimo a considerare di quanto si abbasserà il letto del ponte per l'allungamento della catena di sospensione, supposto che sopra un metro lineare della di lui lunghezza si combini il peso accidentale $\alpha = 1774$ Kil. Il signor Navier senza calcolar prima l'allungamento della catena di sospensione, fa uso della formola

$$\frac{3\alpha \cdot h^2}{8 E \cdot f^2}$$

dalla quale si ha pel nostro ponte $0,092 = 3 \text{ pol. } 5 \text{ lin.}$, ed in cui calcolando le tracce dello stesso autore, ho dato rispettivamente ad h ed f quei valori che loro competono, avuta considerazione alla sola apertura del ponte medesimo, cioè a $m. 35,561$, e $m. 5,092$.

Se si volesse ora procedere con una maggiore esattezza, converrebbe appurar prima l'allungamento della catena di sospensione tra le pile, col fare per rapporto al peso accidentale $\pi = 1774 \text{ Kil.}$, e si avrebbe la formola

$$\frac{\pi h^3}{E. 2 f} = m. 0,01763,$$

appunto come si è praticato col peso proprio mettendo la costante $p = 763 \text{ Kil.}$; ed indi al valore di $m. 0,01763$ si dovrebbe aggiungere anche l'allungamento della porzione della catena di sospensione compresa tra il punto corrispondente all'apertura del ponte ed il punto di congiungimento colla catena di ritenuta, il quale si ha coll'altra formola

$$\frac{\pi h^3}{E. 2 f \cos. \alpha} = m. 0,000518.$$

Quindi uniti questi due risultati si ha la somma di $m. 0,018148$ per l'intero allungamento della catena di sospensione. Per la qual cosa il letto del ponte si abbasserà per $\varphi = \frac{3 h}{4 f} \gamma = m. 0,093 = 3 \text{ poll. } 6 \text{ lin. } 4 \text{ pun.}$, il quale è circa $0,001$ di quello che si ottiene dal calcolo del Navier. Riunendo adesso $m. 0,0063$ con $m. 0,093$, i quali indicano l'abbassamento del pavimento prodotto dalla dilatazione delle catene di ritenuta e di sospensione, si avrà $m. 0,0993 = 3 \text{ poll. } 9 \text{ lin.}$ per la quantità di abbassamento cagionato dal peso accidentale. Nei calcoli relativi al ponte del Navier il pavimento si abbassa in tutto per $m. 0,143$, ovvero tenendo conto della succennata rug-

giore esattezza per m. 0,15 = 5 poll. 5 lin. 4 pun., o al più per 5 poll. 6 lin. 7 pun. Facendo egli d'altronde cadere sopra un metro quadr. del suo pavimento 195 Kil. = 348 libb., mentre poi nel nostro ad ogni metro quadr. vengono a corrispondere 443 Kil. = 792 libb., è naturale che gli abbassamenti rispettivi dei pavimenti debbano esser tra loro nell'istessa ragione; e ciò perchè il medesimo autore alla sezione di un millim. quadr. assegna 13 Kil. di peso, laddove noi ne assegniamo Kil. 14, 288. Tutto all'opposto succede rispetto all'abbassamento prodotto dal peso costante della costruzione; giacchè nel ponte di Parigi esso peso è molto più grande di quel che sia nel nostro, ragion per cui il pavimento si abbassa nel primo, §. 294 della memoria del Navier, per la quantità $\varphi = \text{m. } 0, 202 = 7 \text{ poll. } 7 \text{ lin. } 6 \text{ pun.}$, e nel secondo, §. 17 del presente libro, per $\varphi = \text{m. } 0, 038 = 1 \text{ poll. } 5 \text{ lin. } 4 \text{ pun.}$

Del resto io sono perfettamente di accordo col Navier che l'abbassamento di 3 pol. 9 lin. derivante dal peso accidentale non sia per avverarsi giammai, attesa l'impossibilità di trovarsi ad un tempo sul letto del ponte una tale moltitudine di uomini, quale noi abbiamo supposto di potervisi radunare; e perchè non è verisimile, che per lo considerevole attrito sul masso di ferro fuso si trasferisca tutta l'azione del peso accidentale dalla catena di sospensione sulla catena di ritenuta. Che se in forza di queste ragioni si temesse piuttosto un'inclinazione delle pile verso il pavimento, si rifletta che la medesima, come si è

veduto, non può sorpassare il valore di $\frac{\text{m. } 0, 00127}{\cos. \alpha} = \text{m. } 0, 00136,$

ch'è circa la 7000esima parte dell'altezza di una pila: e però son sicuro di non esservi intendente di architettura; il quale, considerata la elasticità naturale della fabbrica delle pile, possa dalla riferita inclinazione desumere la più picciola deficienza nella loro stabilità.

Effetti delle ordinarie vicissitudini atmosferiche sul ferro delle catene.

§. 20.

Che in seguela d'una proprietà nota del ferro i cangiamenti atmosferici debbano influire sulle maglie di cui si compongono le catene, è una verità che rende tanto più palpabile ad ognuno l'importanza della sua applicazione ai ponti sospesi, quanto che il ristringersi o l'allungarsi di esse catene è appunto quello che fa immediatamente sollevare o deprimere il pavimento.

Suppongasi col Navier, che secondo le esperienze di alcuni fisici illustri, il ferro ad ogni 25° d'un termometro centigrado cangi per la 0,000305 esima parte della sua lunghezza. Lo stesso termometro, allorchè il nostro pavimento fu sospeso nel luogo in cui si vede, segnava circa gradi 20 al di sopra dello zero. Or siccome non è verisimile nel nostro clima che la temperatura s'innalzi sovente sino al grado 50 esimo, così l'è anche improbabile che avvenga nel ferro del nostro ponte una dilatazione corrispondente a 25 gradi di temperatura al di sopra di quella del tempo in cui fu sospeso il pavimento, nè quindi potrà questo subire un abbassamento proporzionale a siffatta dilatazione.

Nondimeno, perchè si possa conoscere al solito il limite maggiore possibile, specialmente quando con esso si combina il più gran peso accidentale, sarà opportuno d'intenersi alcun poco su tale proposito, come ha praticato lo stesso Navier nella sua memoria.

Si metta dunque uguale a zero l'influenza della temperatura atmosferica sulle pile e sul resto della fabbrica sottoposta; ed in ciò fare si osservi che per verità anche in queste ed altre masse consimili succedono delle alterazioni di cui si dovrebbe tener conto: ma poichè nel trascurarle affatto, invece di sminuire gli effetti della dilettabilità del ferro, si viene anzi ad accrescerli; così senza nulla detrarre all'esattezza del calcolo possiamo bene attenerci a questa supposizione che ridonda in vantaggio della solidità.

Chiamo inoltre p l'allungamento che soffre la catena di ritenuta colla differenza di 25 gradi di temperatura; ed essendo l'orizzontale tra i punti di attacco e di appoggio $a = m. 25,651$, sarà la lunghezza effettiva di essa catena nella sua situazione obliqua eguale ad $\frac{a}{\cos. \omega} = m. 26,526$. Onde nella ipotesi che il ferro si eangia per la 0,000305 esima parte ad ogni 25° di temperatura, sarà l'allungamento della catena di ritenuta coll'aumento di 25° di temperatura espresso da $p = 0,000305 \times \frac{a}{\cos. \omega} = m. 0,00088$. In quanto poi alla catena di sospensione, essendo la metà della sua lunghezza effettiva computata tra i punti di appoggio sulle due pile di $m. 38,432$, si troverà il corrispondente allungamento γ con moltiplicare 0,000305 per $m. 38,432 = m. 0,01172 = 5 \text{ lin. } 2 \text{ pun.}$ Conosciuti i valori di p e γ bisogna rinvenire l'abbassamento del pavimento prodotto da questi risultati: affm di pervenirci uopo è che si badi anche quì alle due ipotesi di sopra stabilite, cioè o che le pile nell'allungarsi le catene di ritenuta s'inclinino verso il pavimento, o che la catena di sospensione sdruciolli su per lo riasso di ferro fuso, mettendo lo stròfinto $= 0$.

L'inclinazione η della pila, derivante dall'allungamento p della catena di ritenuta, si ottiene coll'equazione

$$\eta = \frac{p}{\cos. \omega} = m. 0,00097.$$

Se consideriamo adesso l'inclinazione η che rende più corta la sottesa della catena di sospensione, e l'allungamento γ subito da quest'ultima, come tendenti entrambi a far deprimere il pavimento del ponte, la formola

$$\frac{3 h}{4 l} \gamma + \frac{3 e}{4 f \cos. \omega} p = m. 0,061137 = 2 \text{ poll. } 4 \text{ lin.}$$

esprimerà di quanto si abbasserà esso pavimento. In questa formola γ e f hanno i valori testè ritrovati, e sono $h = m. 37, 932$, $c = m. 38, 432$, ed $f = m. 5, 688$.

Supposto all'incontro, che le pile stieno immobili nel loro sito senza punto vacillare, e che le catene di ritenuta sdruciolino verso quelle di sospensione per $\gamma = m. 0, 000088$; allora la metà della lunghezza della medesima catena di sospensione venendo ad essere aumentata, ne nascerà un abbassamento espresso da

$$\frac{3}{4} \frac{h}{f} (\gamma + f) = m. 0, 06 = 2 \text{ poll. } 3 \text{ lin. } 5 \text{ pun.}$$

Il pavimento però non si abbasserà mai per questo massimo $m. 0, 06$; primo, perchè lo strofinio e la resistenza che ne deriva non è possibile che divengano zero; secondo, perchè l'elasticità reagente della catena di ritenuta e la sua curvatura distruggono una porzione dell'allungamento f della catena di ritenuta, sia nell'alta sia nella bassa temperatura.

Per determinare con esattezza queste quantità di compensazione da dedursi da $m. 0, 000088$, il sig. Navier nel §. 197 delle sue teoriche addita due formole da valere pei medesimi due diversi stati di temperatura.

La tensione $Q = 94731$ Kil. delle catene prodotta dal solo peso proprio della costruzione, (§. 11), nel caso della temperatura alta si cangia in altra quantità, che noi chiameremo Q' ; il cui valore si ricava dall'equazione

$$Q' = Q - \varphi \pi \frac{s + w}{180^\circ} = 84569 \text{ Kil.}$$

Nel caso della temperatura bassa, si esprima con Q'' la grandezza che si ricerca, la quale si ottiene facendo

$$Q'' = Q + q \pi \frac{a + a'}{180^\circ} = 104720 \text{ Kil.}$$

Ciò premesso, riassumendo i valori di $q = 0,28$ che indica il rapporto dello strofinio alla pressione, di $\sigma = \text{Kil. } 394,133$ ch'è il peso corrispondente ad un metro lineare della catena di ritenuta, di $a = \text{m. } 25,051$ ch'è la distanza orizzontale tra i punti di attacco e di appoggio, e di più della costante $E = 518800000$ ch'è il prodotto della sezione 25940 millim. quadr. delle maglie riunite della catena di ritenuta per 20000 Kilog., e sostituite queste grandezze nella formola seguente si ha

$$\frac{\sigma^2 a^3 \cos. \omega}{24} \left(\frac{1}{Q'^2} - \frac{1}{Q^2} \right) + \frac{a}{E \cos. \omega} (Q - Q') = \text{m. } 0,00022,$$

che sottratto dalla tensione dianzi rinvenuta $p = \text{m. } 0,00088$, si avrà il valore ridotto di $p = \text{m. } 0,00066$, ch'è la compensazione per la temperatura alta.

Per avere la quantità di compensazione rispetto alla temperatura bassa, vale la formola

$$\frac{\sigma^2 a^3 \cos. \omega}{24} \left(\frac{1}{Q'^2} - \frac{1}{Q^2} \right) + \frac{a}{E \cos. \omega} (Q'' - Q) = \text{m. } 0,0003883,$$

che tolto ugualmente da $p = 00088$, resta $p = \text{m. } 0,00065$.

Da tutto ciò si conchiude che gli effetti delle variazioni atmosferiche quantunque inevitabili per le catene di ferro e per gli altri pezzi dello stesso metallo, sono pur tuttavia d'una picciolezza tale, da non compromettere in verun modo la stabilità della costruzione.

*Della varia figura della catena secondo la disugual ripartizione
del peso accidentale sul pavimento, e dello ab'assamento
che in questo si produce.*

§. 21.

E' proprietà essenziale della catena di conservar sempre inalterata la sua forma, finchè il peso da lei sostenuto, sia proprio sia accidentale, trovasi uniformemente distribuito su tutta la sua lunghezza.

Noi però vogliamo supporre anche il caso in cui una porzione del peso accidentale si riconcentri nel mezzo del pavimento; ed a cagion d'esempio che 50 uomini, a kil. 70 l'uno, formino in quel punto il carico di kil. 3500 = 6268 libb. Da ciò risulterà un abbassamento pel doppio motivo di essersi cangiata la forma della catena, e di avere il peso prodotto una dilatazione nel ferro in virtù della sua naturale elasticità. Per conoscere di quanto si abbassa il pavimento per la prima delle due cause enunciate, è adatta la formola

$$\frac{\Pi f}{4 p h};$$

e per la seconda causa l'altra

$$\frac{9}{32} \times \frac{\Pi h^3}{E f^2}.$$

Nel ricavare i rispettivi valori da queste formole è da osservarsi che le catene di sospensione sostengono un pavimento della lunghezza di m. 71, 108 = 37 t. 3 pie., mentre le medesime trai punti di appoggio sulle pile sono lunghe m. 75, 854 = 40 t. Nelle due formole ora indicate il peso s'intende ugualmente ripartito sopra ogni unità

lineare della catena; e per conseguenza i risultati che se ne deducono non coincideranno in stretto senso col vero. Se però al peso proprio della costruzione $2ph$ secondo il §. 7 si dà il valore di kil. 54391, e si calcoli prima la curva di corda m. 71, 122, e poscia quella di corda m. 75, 864, si avranno dei risultati i quali non differiranno gran fatto tra loro, e la grandezza media tra essi due potrà riguardarsi come la vera senza errore sensibile. Perciocchè nella prima operazione noi avviciniamo di troppo i punti di appoggio, e nella seconda diminuiamo il peso corrispondente ad ogni unità lineare della catena di sospensione, perchè si concepisce distribuito il peso stesso sopra una lunghezza maggiore di quella porzione di catena cui corrisponde il pavimento. Posti quindi nella prima formola $\Pi = \text{Kil. } 3500$, $p = \text{Kil. } 763$,

$h = \text{m. } 35, 561$, ed $f = \text{m. } 5, 092$; si avrà $\frac{\Pi f}{4 p h} = \text{m. } 0, 164$, e

$\frac{9}{32} \times \frac{\Pi h^3}{E f^3} = \text{m. } 0, 006$; e questi due valori sommati insieme danno $\text{m. } 0, 17 = 6 \text{ poll. } 7 \text{ lin.}$

Operando all'istesso modo per la catena di corda m. 75, 864, i valori da sostituirsi alle grandezze simboliche restano gli stessi, tranne i valori di h ed f che sono rispettivamente m. 37, 932, e m. 5, 688. Dopo ciò la prima formola sarà eguale a m. 0, 17196, la seconda a m. 0, 005924, e la somma di tutti due pereggerà m. 0, 177884 = 6 poll. 9 lin. Quindi prendendosi la media aritmetica tra i due risultati finali 6 poll. 7 lin., e 6 poll. 9 lin., si avrà per ultimo m. 0, 175 = 6 poll. 8 lin. Questo abbassamento avrebbe soltanto luogo qualora un peso accidentale di 50 uomini si trovasse tutto raccolto nella linea trasversale che segna il mezzo del pavimento. Or non essendo ciò possibile la poca flessibilità conferita alle catene opponendosi pure in parte a un tale abbassamento, le cose dette fin qui su tale proposito debbono riguardarsi come un saggio esibito dalla teoria.

È fuor di dubbio che questo abbassamento messo a confronto di m. o, 18 indicato dal sig. Navier rispetto al suo ponte in Parigi, sotto le medesime ipotesi e con un peso proporzionale nel mezzo del pavimento, risulti alquanto eccedente. Se però si riflette, che da ciò non deriva il menomo pregiudizio all'opera, e che tale abbassamento proviene principalmente dalla maggior lunghezza della sacca delle nostre catene, la quale nel ponte di Parigi è circa la 15esima parte della corda, mentre nel nostro è un poco più della 13esima, son sicuro che si farà tanto men caso di una tal circostanza quanto che in contraccambio le nostre catene si trovano meno esposte agli effetti dell'azione del peso. A questo riguardo si può fare il seguente parallelo: il peso totale ossia la somma del peso proprio della costruzione, e di quello accidentale nel ponte del Navier sulla Senna ascende a Kil. 838950, e produce nell'estremo della catena cui è sospeso il pavimento la tensione $T = 1599660$ Kil.

Il nostro peso totale, eh'essendo di Kil. 180223, con una curvatura simile di catene operar dovrebbe una tensione $T = 343638$, non pro-

duce per mezzo dell'accennata formola $T = \frac{Q}{\cos \alpha}$ che la tensione di Kil. 327396: onde le catene del ponte in Vienna per esser d'una curvatura più risentita trovansi alleviate dal peso di kil. 16242. Questo alleggerimento, ed una forza sufficiente data alle catene ed in generale a tutte le altre parti della costruzione sembrano di formare il carattere distintivo del piano che ci è stato rimesso dal Governo. Il ripiego in fatti di una maggiore curvità viene giustificato dal dubbio in cui si era, che i lavori di ferro fatti la prima volta per un'impresa tutta nuova nel suo genere non riuscissero di quella perfezione che si richiedea. A tal effetto la società di capitalisti, la quale faceva eseguire a proprie spese il piano dell'opera, e vedea perciò aumentare gli esiti

del suo numerario, mostravasi ben disinteressata in favore del pubblico. Ora però che siamo certi della buona riuscita di tutti i lavori, ed abbiamo in nostro potere la macchina per assicurarci precedentemente della forza di ciascun pozzo, possiamo risolverci ad assegnare in seguito una maggiore tensione alle catene, e procurare con questo mezzo un abbassamento meno sensibile al pavimento del ponte. Onde dare un contrappeso agli abbassamenti longitudinali del pavimento, i travi messi per traverso si son congiunti nell'estremità loro con grossi tavoloni dell'altezza di due piedi: così è divenuto più rigido il ponte, e si è renduta meglio distribuita nel senso della sua lunghezza la pressione locale di un corpo qualunque, senza cangiare intanto notabilmente la figura della catena.

Sin dove un tal espediente corrisponderà allo scopo per cui è stato adoperato lo dimostrerà l'esperienza: egli è certo però che se coll'andar del tempo si riconoscesse contro ogni probabilità la inutilità di questi tavoloni, da questa circostanza non sarebbe per derivare il menomo pericolo alla resistenza dell'opera, e si potrebbe al più trascurare simil ripiego in una nuova copertura del pavimento.

*Oscillazioni ondulatorie e vibrazioni di sussulto
nascenti dal peso in moto.*

§. 23.

Prima di entrare in materia è di bene che si definiscano i due vocaboli di oscillazione e di vibrazione.

Per *oscillazioni ondulatorie* deve intendersi quel movimento che in senso verticale oppure orizzontale fa la catena dal luogo in cui essa si trova nello stato di equilibrio o di riposo, senza che in nulla vi contribuisca l'allungarsi o accorciarsi delle sue parti; un movimento in somma ch'è solo derivante da un cangiamento di sito. Per *vibrazioni sussulto* al contrario s'intende il movimento concepito dalle mo-

lecole del ferro nel senso della lunghezza della catena, in forza di cui vien poi prodotto il vicendevole allungarsi ed accorciarsi della catena istessa. Quantunque in natura queste due specie di movimenti vadano sempre uniti tra loro, ciò non ostante noi li considereremo separatamente; e possiam farlo con molta facilità, poichè la soluzione dei quisti che andremo a proporre per ciascuno di essi non offre una regola sicura relativamente a ciò che in effetto succede. I risultati che su tal proposito la teoria ci esibisce sono sempre al di sopra del vero; per cui giova di paragonare varie costruzioni dello stesso genere rispetto a' movimenti che vi si producono, ed in particolare riguardo ai varj gradi di forza colla quale esse resistono a siffatti movimenti.

La dottrina delle forze in Meccanica ci dà delle formole atte a sciogliere i problemi che le riguardano; permette però insieme delle ipotesi le quali coincidono collo stato reale degli oggetti discussi, solo in quanto che questi oggetti posseggono il più perfettamente le proprietà che influiscono sulle quistioni. Nel problema a cagion di esempio concernente le oscillazioni ondulatorie, le catene si suppongono eminentemente flessibili in ogni picciola particella della loro lunghezza, incapaci di qualsiasi allungamento o contrazione, ed il proprio lor peso e quello del pavimento si riguarda come uniformemente ripartito nel senso della loro maggior dimensione. Che tutto ciò possa trovarsi ora più ed ora meno consentaneo col vero apparisce talmente chiaro da se, che non vi ha bisogno di dimostrazione per comprovarlo; siccome del pari il semplice colpo d'occhio ed un sano criterio aditeranno in quale di più costruzioni paragonate tra loro evvi un maggior numero di proprietà che più si avvicinino a quelle supposte nelle ricerche teoriche: i risultati di queste ricerche poi saranno in proporzione più o meno d'accordo col fatto. Simili avvertenze non debbono andar neglette nelle operazioni che siamo per intraprendere, se vogliamo non aver motivo di sorpresa circa la varietà e la grandezza dei risultati che osserveremo nel mettere a confronto più ponti tra loro.

Figura noi ci siamo occupati soltanto degli effetti di un peso che

si ritrova sul pavimento nello stato di quiete. Immaginiamo adesso questi pesi in movimento, e tali da comunicare il loro moto a' corpi contro a' quali vanno ad imbattersi; e vediamo quali sieno le conseguenze che si deducono da tal supposizione. Un corpo che non essendo impedito da verun ostacolo viene spinto da altro corpo che si concepisce in movimento, è costretto a muoversi anch'esso nella direzione dell'urto ricevuto. Non è così di un corpo che nel tempo dell'urto si trovi obbligato a rimanere stazionario, come accade ad un pavimento sostenuto dalle catene. L'urto farà che il pavimento muovasi nel senso della forza impressa; ma poichè è sospeso a catene che noi supponiamo incapaci di dilatarsi, il movimento sarà tale quale lo permetterà il cangiarsi la figura di quelle. La tendenza che hanno le catene a riprendere la forma che loro conviene, cioè quella che costituisce il loro equilibrio, produrrà un movimento in linea opposta alla direzione dell'impulso. Il movimento indebolirà gli effetti dell'urto senza però annientarne del tutto la durata; giacchè questi dureranno finchè l'azione e la reazione si saranno a vicenda distrutte: ed ecco propriamente ciò che dicesi movimento ondulatorio. La massima ondulazione, vale a dire la lontananza maggiore, considerata in senso verticale, della linea media del pavimento dal sito in cui l'ha spinto l'urto, si determina coll'equazione

$$\eta' - \eta = \frac{V\Pi}{2ph} \left(1 + \frac{\Pi}{8ph} \right) \sqrt{\frac{2f}{g}}$$

in cui $\eta' - \eta$ esprime essa ondulazione. Nel nostro ponte si suppone che un peso $\Pi = \text{kil. } 1800$ cada dall'altezza di m. 0, 1 = 3 poll. 9. lin. Dalla legge della caduta de' gravi si sa, che se un corpo lasciato libero a se stesso si fa cadere dall'altezza di m. 0, 1, colla velocità $V = \text{m. } 1,4$, essa velocità in fine del primo minuto secondo sarà $g = \text{m. } 9,616$. Il peso totale della costruzione del nostro ponte è $2ph = \text{kil. } 54266$, e la sactia corrispondente alla curvità delle catene $f = \text{m. } 5,688$; quindi il risul-

tato della formola pel nostro ponte sarà $m. 0,05 = 1$ poll. 10 lin. 9 pun. Da tutto ciò si deduce, che la più sensibile ondulazione del nostro ponte destinato per senplici pedoni non giunge a due pollici, posto come si è detto che la medesima provenga dalla caduta del peso di 1800 Kil. dall'altezza di circa 4 pollici. Per comparare le maggiori o minori ondulazioni di un ponte con quelle sofferte da un'altro, il Navier propone la formola

$$\frac{V f}{2 p h}$$

In questo parallelo si suppongono uguali il peso H e la velocità V . Facendone uso prima pel nostro ponte, mentre mettiamo $f = m. 5,688$, e $2 p h = 54266$ Kil. si ha per risultato $m. 0,00043$: pel ponte sul Tweed in Inghilterra in cui è $f = m. 8$, e $2 p h = 115824$ Kil. il valore della formola è uguale a $m. 0,00024$: e finalmente pel ponte progettato dal Navier sulla Senna, essendo $f = m. 11,33$, e $2 p h = 584432$ Kil., si ottiene il risultato $m. 0,000057$. Quindi dei tre ponti che abbiamo paragonati le maggiori oscillazioni succedono in quello di Vienna, e precisamente esse sono per circa l'ottuplo più sensibili di quelle del ponte di Parigi, e pel doppio di quelle del ponte sul Tweed: anche la quantità di depressione del pavimento secondo ciò che si è veduto nell'antecedente §. è la maggiore. Nondimeno un movimento ondulatorio così marcato, per l'uso cui è destinato il ponte, non avverrà che rarissime volte, specialmente perchè un carro del peso di 1800 Kil. non urterà mai nel pavimento.

§. 24.

Nel parlare del movimento che le catene concepiscono in virtù della elasticità del ferro, e che consiste nel vicendevole allungarsi ed accorciarsi delle medesime, è da sapersi che il Navier ha espresso con $\sigma - \sigma$ il più grande spazio percorso da un qualunque punto della catena

acostandosi dal sito primitivo : e la formola di cui egli si serve per determinarne il valore è

$$\sigma - \sigma = \frac{V \Pi^2 f}{2 p^2 h^2} \left(1 - \frac{\Pi}{4 p h} \right) \sqrt{\frac{p}{g E}}$$

In essa sono $V = m. 1, 4$, $\Pi = 1800$ Kil., $f = m. 5, 688$, $p = 763$ Kil., $h = m. 35, 561$, $g = m. 9, 616$, ed $E = 432640000$: il valore sarà $m. 0, 0000073$, che come vedesi è una grandezza infinitamente piccola. Stimo superfluo di ripetere in questo luogo ciò che ho altrove avvertito, che i risultati del calcolo, a vantaggio della costruzione, non concordano esattamente col fatto.

§. 25.

Per paragonare poi sotto lo stesso rapporto diverse costruzioni di tali ponti, ha dato il Navier la formola

$$\frac{f}{p^2 h^2} \sqrt{\frac{p}{E}}$$

i di cui risultati pel nostro ponte, pel ponte sul Tweed, e per quello di Navier sulla Senna sono rispettivamente i numeri corrispondenti a' log-mi $0, 4544811 - 13$, $0, 6862171 - 14$, e $0, 8076465 - 15$: onde se il movimento vibratorio nel ponte di Navier è come 1, quello del ponte sul Tweed sarà come 24, e come 140 quello del nostro ponte. Quindi si raccoglie da tal confronto, che anche le vibrazioni di sussulto sono le più sensibili nel ponte sul Danubio: per la ragione però di questo fatto io mi riporto a ciò che ho esposto ne' §§. 22 e 23 intorno alle maggiori oscillazioni ondulatorie verticali.

§. 26.

Se si vuole ora conoscere il tempo o la durata delle oscillazioni, vi ha la formola

$$t = \frac{4}{2i+1} \left(1 + \frac{\Pi}{8ph} \right) \sqrt{\frac{2f}{g}}$$

in cui secondo il sig. Navier sono $i=0$, $\Pi=1800$ Kil., $2ph=54266$ Kil., $f=m. 5,092$, e $g=m. 9,616$. Sostituiti questi valori invece dei simboli, otterremo $t=4''$, 25, *minuti sessagesimali*.

Trattandosi poi delle vibrazioni nel senso della lunghezza delle maglie, la durata di esse verrà espressa dall'equazione

$$t = \frac{4h}{2i+1} \left(1 + \frac{\Pi}{2ph} \right) \sqrt{\frac{p}{gE}}$$

Oltre a' valori precedenti, tra i quali si suppone come sopra essere anche $i=0$, si ha $h=m. 35,561$, $p=763$, ed $E=432640000$ Kil. Eseguite in fine le operazioni accennate dalle lettere si troverà $t=0''$, 00199. Che questi tali movimenti, pericolosissimi quando succedono con molta celerità, sieno poi di niuna conseguenza allorchè seguono con lentezza, lo han dimostrato le tante pruove che abbiamo fatto colle maglie delle catene, le quali avendo una sezione di 1 poll. quadr. e sostenendo un peso di 20000 libbre han resistito senza il menomo segno di frattura a movimenti assai più rapidi, prodotti dalle poderose percussioni del martello.

§. 27.

E' altresì importante d'indagare e paragonare a vicenda la durata delle vibrazioni che soffrono i *suspensorj* di diversi ponti, la celerità delle quali compromette più o meno la elasticità del ferro. Il signor Navier non manca neppure in questa circostanza dall'additar delle formole,

le quali però come egli stesso li confessa servono a stabilire semplicemente de' rapporti tra le diverse costruzioni messe finora in esame. Perchè le medesime formole fossero applicabili a queste costruzioni, indicando con esattezza ciò che realmente avviene nel fatto, sarebbe d'uopo che i dati di cui ci avvaliamo nella soluzione del problema fossero interamente fondati sul vero; il che non ha luogo rispetto a' sospensorj. Nel presente caso per esempio si suppone che l'estremo superiore di essi stia immobilmente fisso alle catene, per ottenere merco lo sviluppo delle formole la durata delle vibrazioni dell'altro estremo; ora è agevole il ravvisare che le catene essendo di lor natura cedevoli e flessibili, qualunque scossa riceveranno i sospensorj non cagionerà mai sì forti e sì rapide vibrazioni, quali saranno indicate dai risultati dell'analisi. Dopo queste premesse l'equazione

$$t = 2 \pi \sqrt{\frac{\Pi h}{g E}}$$

vale ad istituire un confronto tra 'l ponte di Parigi e quello sul Danubio. Nel primo di essi π è il noto rapporto del diametro alla circonferenza, $\Pi = 1860$ Kil. è il peso del corpo che urta, $h = m. 2$ è la lunghezza del più corto sospensorio, $g = m. 9,616$ è la velocità della caduta del grave in fine del primo minuto secondo, $E = 1257$ mill. quadr. $\times 20000$ esprime secondo le sperienze del Duleau il noto allungamento del ferro dei sospensorj della sezione riunita di 1257 millim. quadr. Il valore t pel ponte di Parigi è dunque $= 0", 0244$; dal che s'inferisce che in 1" succedono circa 40 di sillatti movimenti vibratorj.

Per ciò che riguarda ora il nostro ponte ho supposto il peso Π del corpo che urta, in proporzione della minor sezione dei nostri sospensorj uniti insieme, uguale a 652 Kil. È inoltre $h = m. 1,264$; e poichè la sezione unita dei sospensorj è di 441 millim. quadrati, sarà $E = 8820000$, ed il valore della formola $t = 0", 01958$. Sicchè in un 1" avverranno circa 50 movimenti. Sebbene questi risultati depongano in favore del ponte di Parigi, nondimeno è da osservarsi che

essendo il nostro ponte destinato a soli pedoni , rarissimo sarà il caso in cui avverranno simili scosse sul pavimento.

§. 28.

Potran forse a molti de' miei lettori sembrar superflue, e come l'effetto d'inutile sfoggio scientifico , molte di quelle ricerche i cui risultati si son rinvenuti troppo piccoli ed in apparenza di niun rilievo. Mi sono quindi deciso di por termine a questo mio opuscolo col far osservare per via di fatto , che la cognizione anche delle meno considerabili proprietà del sistema de' ponti sospesi è necessaria per la spiegazione di alcuni accidenti , cui nel divenir pericolosi non è difficile di apportar riparo , qualora se ne conosca precedentemente la cagione.

Nel nostro ponte vi ha in ciascun lato due catene , i cui membri sono costituiti da quattro maglie collocate di taglio parallelamente tra loro , e l'una dappresso all'altra. Esse dunque, come si rileva dall'ispezione del disegno , formano ciascuna una specie di grossa piastra di ferro continuata e della larghezza di circa 10 pollici , traforata nel mezzo , e delle quali la faccia superiore rimane in situazione orizzontale , attesa la posizione data alle maglie su ciascuna delle due pile. Si è però marcato che le catene serbano costantemente questa loro posizione , finchè i raggi solari non vanno a percuoterle nelle giornate calorose. Nel caso contrario , esse s' inclinano verso quella parte dalla quale trovansi direttamente illuminate le loro facce ; e l'azione del calorico è tale che nel lato dell'inclinazione i piastroni che congiungono le maglie comprimono i sospensorj sino a farli deviare alquanto dalla linea verticale , se non pure ad incurvarli. In qual modo spiegheremmo noi questo fatto , se non avessimo precedentemente calcolato con esattezza l'influenza del calorico sulla dilatabilità del ferro , i cui effetti pajono a prima vista di sì tenue importanza ?

Le nostre catene sèguendo la direzione del pavimento hanno tale

posizione, che d'ordinario il riscaldamento incomincia nel lato destro del ponte, dalla sponda dritta verso la sponda sinistra: in questo mentre la prima delle quattro maglie venendo ad essere illuminata getta la sua ombra sulla seconda, per modo che l'ultima rimane del tutto priva di luce diretta e per conseguenza nello stato di freddezza. Le prime maglie intanto non lasciano di dilatarsi e di allungarsi, specialmente per la vernice di cui son ricoperte; e le ultime, con porzione delle maglie intermedie, continuando ad essere dello stesso volume, fan nascere una specie di contorcimento nelle catene, il quale non disparaisce primache il sole non declini dall'orizzonte. Un tal fenomeno fu molto sensibile nell'autunno del corrente anno: qual non sarà esso poi in tempi di forti caldi estivi, ed in paesi più meridionali?

Del resto sarebbe da consigliarsi di stabilire ad un convenevole intervallo i sospensorj, pendenti talvolta anche da tre catene in uno stesso lato del pavimento, e pei quali questi accidenti sono i più pericolosi: procedendo in altro modo si rischierebbe di fare incurvare i sospensorj, di togliere a tutto il sistema quella flessibilità che dev'esserli propria, e di produrre in essi per la insorta rigidità inevitabili fratture.

Possano sempre più altre osservazioni di tal natura spinger più lungi il perfezionamento di questo nuovo genere di ponti; e affin di pervenirvi non debbono riputarsi vane quelle ricerche che sembrano a primo aspetto di un valore trascurabile.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

TAVOLA I.

FIGURA 1.

Veduta ortografica del Ponte Sofia costruito per la comunicazione del sobborgo Landstrasse col Prater.

- a* — Pile dritti riuniti in forma di porta, per sostegno delle catene.
- b* — Corpo di guardia e posto per la riscossione del passo.
- c* — Rampari tra l'basamento delle pile ed il corpo di guardia.
- d* — Pavimento del ponte.
- e* — Catene di sospensione.
- f* — Catene di ritenuta.
- g* — Sospensorj verticali.
- h* — Ingresso al sotterraneo in cui vengono assicurate le catene al di sotto de' corpi di guardia.
- i* — Sito in cui sono fermate le catene.
- k* — Terre ammassate che formano la rampa del ponte.
- q* — Palizzata con traversa nell'estremo superiore per custodire e rendere regolari le due rive del fiume. Questo mezzo di precauzione trovasi attualmente adoperato soltanto alla sponda sinistra. Il Governo però ha già disposto che lo stesso espediente si pratichi anche alla sponda destra; e quanto prima l'alveo del fiume sarà ridotto a quella regolarità che si ravvisa nel disegno che lo rappresenta.
- r* — Scarpe lastricate in amendue le rive del fiume, con ciglio superiore lastricato che serve di marciapiedi per comodo eziandio dei cavalli destinati al servizio delle barche.

- c* — Arco di mattoni di Neudorf che congiunge il masso *b* di fabbrica con
- d* — Altro masso di fabbrica simile dentro terra.
- e* — Graticola costrutta sopra 9 pali, su cui è piantata questa fabbrica.
- f* — Fabbrica di fondazione del posto in cui si riscuote il passo.
- g* — Graticola senza pali, per la precedente fondazione.
- h* — Arco di mattoni.
- i* — Fondamento di un pilastro situato fra il muro *d*, e l'altro *m* da dirsi.
- k* — Sua graticola su 9 pali.
- l* — Altro arco di mattoni, il quale unito a quello segnato colla lettera *h* e col pilastro *i* serve di fondamento al ramparo, ossia al muro di sostegno del terrapieno.
- m* — Fondamento di una pila del ponte.
- n* — Sua graticola sopra 26 pali, oltre alcuni altri piantati ne' siti in cui il terreno era di minor tenacità.
- o, p, q, r* — Archi espressi con linee punteggiate, mercè de' quali i quattro massi di fabbrica in un lato del terrapieno trovansi congiunti rispettivamente con quelli nell' altro lato.

F I G. 2.

Pianta dei muri eretti sulle fabbriche di fondazione descritte nella figura precedente, a livello del pavimento del sotterraneo.

Essendo da se stesse riconoscibili dalla spiegazione già fattane le parti che indicano il vivo di essi muri, descriveremo soltanto gli spazi che vi si trovano compresi.

- a* — Porta, la di cui soglia è a livello delle due rive del fiume, per la quale mercè tre scalini si discende nel sotterraneo. Per evitare che le acque nelle grandi piene, uscendo dal loro letto, penetrino nel sotterraneo, si è costrutto l'uscio a saracinesca.
- b* — Corridojo a volta, il quale conduce in
- c* — Due camere, ed in

- l* — Altra camera più spaziosa, che restringesi nell'
- e* — Andito da cui si perviene nell' ultimo
- g* — Corridojo a volta nel quale sono assicurate le catene.
- h* — Canali obbliqui ascendenti per lo passaggio delle catene di ritenuta.
- i* — Terrapieno battuto, racchiuso fra i due muri che lo fiancheggiano.
- k* — Volta sottoposta alla porta di passaggio al pavimento del ponte.

F I G. 3.

Pianta in parte a livello della superficie del terrapieno, ed in parte all' altezza della cornice delle pile.

- a* — Finestre a fior di terra munita di telajo di pietra e d' inferriate per dar lume all' ultimo corridojo *f* del sotterraneo descritto nella fig. 2.
- b* — Spazio interno del posto in cui si riscuote il passo.
- c* — Suo vano d' ingresso.
- d* — Finestra.
- e* — Cancelli di ferro con cui si chiude il passaggio sul ponte.
- f* — Copertura con laminè di rame dell' altro posto di riscossione di rimpetto al precedente descritto. Questi due posti cuoprono per certo tratto le catene di ritenuta.
- g* — Filare di pietre in cima de' muri di sostegno del terrapieno, su cui stanno fermate le ringhiere tra le pile e i posti di percezione.
- h* — Pianta di una delle due porte del ponte.
- i* — Progettura della cornice del basamento della pila.
- k* — Masso di ferro fuso, sul quale congiungonsi le catene di ritenuta e di sospensione.
- l* — Metà di un' apertura praticata nel mezzo della volta per accedere al masso di ferro fuso.
- m* — Aggetto della cornice coi suoi modiglioni di cui trovasi coronata la porta.
- n* — Porzione del pavimento del ponte.

FIG. 4.

Sezione longitudinale di quel corpo che nel §. 15 abbiamo supposto resistere allo sforzo delle catene di ritenuta, lungo la linea N O.

Essendosi esso corpo descritto nel citato paragrafo, altro qui non resta di ricordare se non che la sezione che presentiamo è presa secondo la retta F K della fig. 2, da *f* sino a *b*.

La scala di questa quarta figura e delle tre precedenti è quella segnata num. 1, ed è divisa in tese di Vienna.

FIG. 5.

Pianta della metà del pavimento del ponte secondo la sua lunghezza.

- a* — Copertura di tavoloni di larice, situati nel senso della lunghezza del pavimento.
- b* — Rivestimento laterale del pavimento, composto di tavoloni dello stesso legname.
- c* — Loro commessura per mezzo d'incastri.
- d* — Travi messi per traverso, due dei quali nel mezzo del pavimento stanno l'uno poco distante dall'altro.
- e* — Piastra superiore di ferro nella quale sono conficcate e ribadite le colonnette delle ringhiere.
 - Modo col quale vengono congiunti tra loro i membri della catena superiore di sospensione.
- g* — Lo stesso per la catena inferiore di sospensione.
- h* — Freni di ferro con cui le ringhiere restano assodate ai sospensori delle catene.
- i* — Cavicchio a mortisa che attraversa la grossezza de' travi del pavimento, e va a frenare il tavolone inferiore del rivestimento laterale.

*Sezione trasversale del pavimento del ponte
e delle catene di sospensione.*

- a* — Copertura del pavimento.
- b* — Rivestimento laterale.
- d* — Travi messi per traverso.
- e* — Piastre di ferro in cui sono conficate e ribadite le colonnette delle ringhiere.
- f* — Taglio per traverso nella catena superiore di sospensione.
- g* — Taglio per traverso nella catena inferiore di sospensione.
- h* — Freni delle ringhiere assodati ai sospensorj.
- i* — Cavicchio per frenare il rivestimento laterale.
- k* — Colonnette.
- l* — Sospensorj.
- m* — Forcina dei sospensorj per mezzo della quale passa il corrente longitudinale di ferro.

Veduta di fianco del pavimento del ponte.

Le lettere sino ad *m* inclusivamente dinotano gli stessi oggetti delle due precedenti figure.

- n* — È il corrente longitudinale di ferro battuto, su cui giacciono immediatamente i travi situati per traverso, ed è mantenuto in situazione orizzontale dalle madreviti che sono nel capo inferiore dei sospensorj.
 - o* — Perno che attraversa due de' pezzi di cui si compone il corrente longitudinale, schiacciati nelle superficie di contatto.
 - p* — Anelli che stringono i pezzi del corrente longitudinale.
- Alle figure 5, 6, 7 appartiene la scala num. 2 divisa in piedi.

T A V. III.

F i g. 1.

Spaccato secondo la linea A B, segnata in pianta fig. 1. tav. II.

- a — Ultimo corridojo sotterraneo.
- b — Andito.
- c — Camera di maggiore ampiezza.
- d — Corridojo d'ingresso o primo corridojo del sotterraneo.
- e — Sbocco delle catene di ritenuta sul terrapieno del ponte.
- f — Veduta del posto di percezione dal lato del suo vano d'ingresso.
- g — Catene di ritenuta.
- h — Ringhiere collocate sopra i muri del terrapieno.
- i — Interno della porta del ponte, insieme colla sezione per traverso della volta, della cornice, e del tetto di rame.
- k — Zoccolo del basamento delle pile, costruito di pietre di taglio, per riparare la muratura dalle alluvioni, e dagli urti de' ghiacci galleggianti.
- l — Marciapiede per comodo anche dei cavalli addetti al servizio delle barche.
- m — Scarpa della riva.
- n — Pali con traversone nell'estremità superiore.
- o — Catene di sospensione.
- p — Sospensorj.
- q — Ringhiera del ponte.
- r — Corrente longitudinale di ferro.

F i g. 2.

Sezione secondo la linea I K della fig. 1. tav. II.

- a — Massi di fabbrica sopra palafitte col corrispondente graticolato.
- b — Ultimo corridojo sotterraneo.

sono di pietre di cava; e l'una e l'altra è senza intonaco. Le cornici e le cantonate interne sono di pietre di taglio.

F i g. 5.

*Sezione fatta nel terrapieno secondo la linea C D
segnata in pianta.*

- a — Rampari.
- b — Zoccolo.
- c — Cordone di pietra.
- d — Ringhiera collocata al di sopra.
- e — Lastricatura sul terrapieno.

F i g. 6.

*Sezione fatta nell'ultimo corridojo sotterraneo secondo la linea G H
segnata in pianta.*

- a — Andito.
- b — Ultimo corridojo.
- c — Armatura di tavole di ferro fuso.
- d — Canale tra le tavole dell'armatura per lo quale s'introducono le catene.
- e — Finestre a fior di terra sulla rampa del ponte per dar lume ad una porzione del sotterraneo.
- f — Montata laterale ad essa rampa.

T A V. IV.

F i g. 1.

Sezione fatta per lungo in una maglia della camera di sospensione.

- a — Foro praticato con trapano per adattarvi il perno corrispondente.
- b — Groscezza di essa maglia in pianta.

F i g. 2.

Sezione fatta per lungo in una maglia della catena di ritenuta.
a, b — Dinotano lo stesso della fig. 1.

F i g. 3.

Sezione fatta per lungo in un piastrone che congiunge le maglie della catena di sospensione.
a, b — Dinotano lo stesso di sopra.
c — È il foro destinato a ricevere il perno del sospenorio.

F i g. 4.

Sezione fatta per lungo in un piastrone che congiunge le maglie della catena di ritenuta.

F i g. 5, 6, 7, 8, 9.

Piastre che congiungono sul masso di ferro fuso la catena di ritenuta colla catena di sospensione. Essendo però i membri di ambedue queste catene di differente grossezza, è stato necessario di praticare alcune dentature variamente combinate come vedesi in c nelle fig. 7, 8, e 9, onde le tensioni delle medesime catene vengano ugualmente distribuite sui perni de' piastroni, e si eviti in conseguenza un tiramento obliquo.

F i g. 10.

Perno della catena di sospensione colle sue parti.

- a — Cilindro retto levigato nelle sue facce.*
- b — Incavo per l'anello.*
- c — Sezione trasversale di questo cilindro.*
- d — Anello a molla da adattarsi nel medesimo incavo.*
- e — Lo stesso anello veduto di lato, in cui si osserva la molla per la quale vien esso introdotto a forza nell'incavo.*

F i c. 11.

Perno che si conficca nell'occhio di un sosensorio, e nel foro medio di un piastrone della catena di sospensione.

- a — Viti in entrambi gli estremi del perno.
- b — Le corrispondenti madre vite vedute di fronte.
- c — La stessa madre vite veduta di lato.

F i c. 12.

Perno della catena di ritenuta.

Questo differisce da quello della catena di sospensione nella sola lunghezza, il che rendesi necessario per la maggiore grossezza delle maglie della catena di ritenuta.

F i c. 13.

Consegnamento de' membri della catena superiore di sospensione.

- a — Maglie.
- b — Piastroni che le congiungono.
- c — I due perni coi rispettivi anelli.
- d — Perno del sosensorio insieme colla sua madre vite.
- e — Le due piastre del sosensorio disegnate in parte con linee punteggiate, nel di cui estremo inferiore vi sono i fori, attraverso dei quali e dell'occhio del sosensorio passa l'altro.
- f — Perno di minor lunghezza, con sua madre vite.
- g — Sosensorio.

F i c. 14.

Pianta dello stesso consegnamento della catena di sospensione.

Le parti che la compongono sono indicate colle medesime lettere della prec. fig. 13.

F i c. 15 e 16.

Consegnamento della catena di ritenuta.

Essendo le sue parti già note dalla descrizione fatta precedentemente.

te, tralascio di ripeterne qui la spiegazione: solo è da osservarsi che in queste mancano i sospensorj.

F i g. 17 e 18.

Consegnamento delle parti della catena inferiore, di sospensione.

In essa non esistono le piastre dei sospensorj, le quali si ravvisano nella catena superiore. Questi terminano biforcati nel loro estremo di sopra con due occhi, ne quali passa il perno medio dei piastroni delle maglie.

F i g. 19.

Sezione trasversale di uno de' membri della catena inferiore di sospensione.

- a — Perno del sospensorio che attraversa i cinque piastroni, e i due occhi del
- b — Sospensorio, la cui estremità biforcata riceve il piastrone medio della catena.

F i g. 20.

Sezione trasversale fatta in uno de' membri della catena superiore di sospensione.

- a' — È il perno del sospensorio.
- b' — Sono le due piastre del sospensorio in vece della forcina.
- c — Rappresenta il perno di minor lunghezza che unisce le due piastre del sospensorio.
- d — È il sospensorio.

F i g. 21.

Lo stesso membro della catena superiore di sospensione, in cui vengono tagliate le sole maglie, ed inter i piastroni e le rimanenti parti guardate di lato.

In questa figura rendesi più chiaro il modo onde il sospensorio è consegnato colle sue piastre e col perno più corto: ed è manifesta la necessità di tale disposizione de' sospensorj rispetto alla sola catena superiore, se si riflette che dopo stabilite le catene, nell'ado-

tarvi i sospensorj, l'intervallo tra i piastroni della catena inferiore è troppo angusto per potervi passar la forcina del sospensorio.

F. I. G. 22.

Sezione fatta per traverso in uno dei membri della catena di ritenuta, e precisamente nel mezzo del perno di congiungimento.

F. I. G. 23.

Veduta dello stesso membro della catena di ritenuta, con rappresentarsi segate le sole quattro maglie.

F. I. G. 24.

Sospensorio della catena inferiore di sospensione veduto di fronte e di lato.

- a* — I due occhi praticati negli estremi della forcina per ricevere il perno medio de' piastroni della catena.
- b* — Forcina che va situata tra gl' intervalli de' piastroni.
- c* — Forcina inferiore, che abbraccia il corrente longitudinale.
- d* — Viti per mantenere costantemente in situazione orizzontale il corrente longitudinale.

F. I. G. 25.

Sospensorio della catena superiore di sospensione, veduto di fronte e di lato.

- a* — Occhio del sospensorio.
- b* — Grossa piastra traforata, sulla quale poggia di taglio il corrente longitudinale.
- c* — Madreviti.
- d* — Porzione del corrente longitudinale veduto lateralmente.

Proiezione verticale ed orizzontale del corrente longitudinale del pavimento, composto di più pezzi di ferro battuto, schiacciati nelle superficie di contatto.

- a* — Perno che attraversa i pezzi del corrente longitudinale, e che in una estremità è munito d'una testa rotonda, mentre viene nell'altra un chiodo conficcato in un suo foro.
- b* — Anelli i quali stringendo questi pezzi nel sito del loro contatto, formano di essi un solo corrente rigido, lungo quanto il pavimento.

Piastrone in principio della catena di ritenuta, veduto di faccia.

- a* — Gran foro del diametro di 5 pollici per ricevere i perni massimi nel sito di attacco delle catene.
- b* — Foro di minor diametro, in cui si adatta il primo perno che unisce i cinque piastroni e le prime quattro maglie della catena di ritenuta.

Grossezze de' primi cinque piastroni della catena di ritenuta.

Questa grossezza, come si rileva dai disegni rispettivi, è diversa: nel capo inferiore è dessa molto più considerevole di quella dell'altro capo superiore; acciò resti pur qui costante la direzione del tiramento delle catene; e i due piastroni esteriori, come l'indica la fig. 29, sono quasi del doppio più grossi di quegli intermedi.

La scala per le figure finora spiegate è quella seguita col num. 1. divisa in piedi.

Perno massimo.

Va introdotto nel gran foro per mantenere nella necessaria tensione tutte le catene del ponte.

Veduta laterale dell'armatura intera delle catene.

- a* — Perni massimi.
- b* — I primi cinque piastroni nel cui estremo superiore vi sono i fori pei primi perni delle catene di ritenuta.
- c* — I fori medesimi.
- d* — Tavola di ferro fuso, nella quale son praticati due solchi semicilindrici per adattarvi dentro i perni massimi.
- e* — Seconda tavola di ferro fuso messa dietro la prima per rafforzarla, e collocata immediatamente a contatto della muratura di pietre di taglio.
- f* — Architrave di ferro fuso, che mantiene le tavole di ferro nella posizione loro data, e sul quale imposta la volta dell'ultimo corridojo sotterraneo.
- g* — Soglia ugualmente di ferro fuso, sulla quale poggiano le tavole stesse.
- h* — Canale ascendente praticato nel vivo della muratura, per lo quale s'intromettono le catene di ritenuta.

Questo descritto sistema di armatura delle catene di ritenuta è situato perpendicolarmente alla loro direzione, ed inclinato all'orizzonte.

 L'armatura veduta di frontè.

Le lettere contrassegnano le medesime parti espresse nella figura precedente.

 L'armatura veduta in pianta.

Non vi si spiegano le parti che la compongono, perchè riconoscibili dalla descrizione già fattane.

F i g. 34.

*Sezione longitudinale nel mezzo del masso di ferro fuso ,
murato nell'alto delle pile.*

- a — Piastre che abbian detto congiungere la catena di sospensione superiore colla corrispondente catena di ritenuta.
- b — Altre piastre per congiungere del pari le catene inferiori.

F i g. 35.

Il masso di ferro fuso veduto di lato.

- a — Costole nelle facce laterali del masso di ferro fuso, che in costruzione vanno incastrate nella fabbrica di mattoni.
- b — Aperture praticate col trapano per introdurvi le chiavi di ferro perpendicolarmente, affin di tener fermato sulle pile il masso di ferro fuso. Di lato a queste aperture nelle facce di esso masso trovansi degli incavi semicirculari fatti per ricevere le madreviti, le quali adattansi alle viti delle chiavi rispettive.

F i g. 36.

Il masso di ferro fuso veduto da sopra.

Le lettere segnano le medesime parti descritte nella figura precedente.

F i g. 37.

*Sezione per traverso nel mezzo del masso di ferro fuso
insiem colle piastre da cui son congiunte le catene.*

F i g. 38.

*Sezione per traverso dello stesso masso di ferro fuso fatta
nella direzione delle aperture per le chiavi.*

F i g. 39.

Il medesimo masso di ferro fuso veduto di fronte.

Si ravvisa l'imboccatura del canale della catena inferiore, e l'incavo per la catena superiore.

La scala per le ultime dieci figure è l'altra segnata col numero 2, divisa perimenti in piedi.

T A V. V.

Metodo tenuto nella sospensione delle catene.

Per la sicurezza e per la semplicità de' mezzi all' uopo impiegati, ponendo questo metodo ridondare di qualche utile al Pubblico, noi ne abbiamo rappresentato il disegno nelle figure che sieguono.

F I G. 1.

Veduta ortografica delle fabbriche dell' intera costruzione, e del ponte di servizio, nell' atto della sospensione delle catene.

F I G. 2.

Pianta degli oggetti delineati nella precedente figura.

La sponda destra è qui rappresentata irregolare come attualmente si ritrova; ma secondo abbiamo di sopra espresso, deve la medesima per disposizione del Governo ridursi a regolarità:

Egli è innegabile che non sia senza difficoltà il sospendere una catena della lunghezza di circa 68 tese dall' uno all' altro punto di attacco, e del peso di 200 cantaja a un di presso; massimamente se si considera che non si volevano esporre ad un forte tiramento laterale le pile, le quali erano di recente costrutte e di un'altezza rimarchevole.

I servizi prestati in questa congiuntura dal signor Francesco Stummer da Kornenburg nell' Austria inferiore merita ch' io ne faccia qui pubblica ed onorevole menzione. Egli fu impiegato come ispettore nella condotta dell' opera dalla società di capitalisti, e mercè de' suoi buoni consigli fondati su di una lunga pratica in materia di costruzione, e di assidue cure, contribuì sommaramente alla se-

lice riuscita delle sagge ed ingegnose disposizioni del signor Cardiafsky, Direttore dell' Imperiale e Real Corpo idraulico. Lo stesso signor Stummer fu pur quegli che invigilando sulle differenti incumbenze de' travagliatori fé sì che non avesse luogo alcun sinistro accidente in tutto il corso dell' operazione.

Pervenuta la fabbrica delle pile all' altezza che si ravvisa nel disegno, s' incominciò a stabilire la catena inferiore col situare di taglio nell' ultimo corridojo sotterraneo, all' altezza degl' incavi semicilindrici e nella direzione della catena di ritenuta, i cinque piastroni primitivi su di un picciol tavolato a bella posta costruito. Quindi introdotta per lo sbocco superiore del canale ascendente una porzione di catena già collegata ne' suoi pezzi, furono inserite ed impernate fra i mentovati piastroni le corrispondenti prime quattro maglie. Eseguito pur lo stesso relativamente agli altri tre estremi delle catene di ritenuta inferiori, si eresse un altro tavolato dal sito presso i posti di percezione fin sopra il masso di ferro fuso.

Intanto le piastre destinate a riunire sulle pile le due catene di sospensione e di ritenuta, trovavansi predisposte nel traforo o canale del masso di ferro fuso: e non appena la catena di ritenuta fu interamente congegnata ch' essa venne per mezzo di funi tratta sul tavolato, finchè adattato il gran perno nel solco semicilindrico dell' armatura, si dette alla medesima catena tutta la tensione di cui era suscettibile. Infine vennero introdotte le maglie del di lei estremo superiore tra le piastre stabilite sul masso di ferro fuso, e vi fu situato il perno corrispondente.

Al di là di ciascuna pile vedevasi del pari un castelletto ricoperto al di sopra con solido tavolato, e fortificato contro ogni vacillamento per via di traverse e di puntoni: la sua faccia superiore formava un piano inclinato verso il fiume, nella direzione della catena di sospensione. Coll' ajuto di tali castelletti si riuscì a con-

gegnare, e ad impernare colle piastre collocate sul masso di ferro fuso varj membri della catena di sospensione; già tra loro connessi. Restavano pertanto circa altre 29 tese d'intervallo nel quale doveva dispiegarsi la catena. A tal effetto, ci servimmo di alcuni castelletti piantati sopra battelli fatti espressamente eseguire dalla Direzione del Corpo idraulico; e che non poterono essere più di tre, affin di non impedire la navigazione nel fiume. I battelli erano collegati mediante traversoni, ed i castelletti giungeano all'altezza di 10 piedi sul pelo dell'acqua. Siccome però questi sorpassar doveano il punto più basso della catena per due o tre piedi, e le acque erano di livello inferiore dell'ordinario; così per mezzo di travi messi in piedi, e frenati alle colonne de' castelletti con funi e raniponi, si formò una specie di ponte sospeso, in senso trasversale rispetto a' battelli, lungo 14 tese ed alto circa 18 piez sul pelo dell'acqua frenati convenientemente fra loro, si formò in ultimo un robusto tavolato, ove stavano gli artefici a manovrare. Indi da entrambi i lati sovrapposti de' cavalletti in due ordini, il primo dell'altezza di 5 piez, ed il secondo di 3 piez.

In tal guisa la parte più bassa della catena, ch'era destinata a rimanere per 26 piedi sul livello delle acque, lo era sul tavolato per piedi 27, e se ne accrebbe sempre più l'altezza col sottoporvi delle mozzature di travi, e coll'elevarsi gradatamente le acque del fiume.

Presso i due estremi del descritto ponte di servizio, situossi una trave alquanto inclinata con puleggia nel capo superiore; e nel dentro del tavolato si ebbe cura di collocare una burlera.

Non mi intertego in ulteriore spiegazione di questi apparecchi, perchè dalla semplice ispezione oculare del disegno si rileva la loro struttura.

Preparato e disposto l'apparecchio nel modo che ho descritto, coll'aiuto

di quattro ancore gittate due sopra e due sotto corrente del fiume si fece corrispondere il ponte di servizio nella precisa direzione del pavimento : e nel dì 31 agosto del corrente anno si procedè alla sospensione della catena. Siccome trattavasi di trarre la catena in più porzioni di 7 in 8 tese di lunghezza dal castelletto presso le pile sul ponte di servizio, la di lei flessibilità sarebbe stata d'inciampo alla operazione, se non si fosse cercato di ripararvi, stringendò con funi fra due legni spianati cinque membri di catena dalla sponda sinistra, e quattro dalla banda della sponda destra. Collocati come in c tai membri di catena sulle pile non ancora compiute, essi furon poscia tirati con fune che passava per la puleggia, e col mezzo della burbera, sul tavolato del ponte di servizio, ed ivi riuniti fra loro; cosicchè gli estremi di essi riguardanti le pile potettero esser congiunti con altri membri di catena similmente preparati, e situati sui castelletti presso le pile.

Questa operazione fu felicemente terminata per ambedue le catene inferiori di sospensione nello spazio di 18 ore di travaglio : nelle ore pomeridiane del dì 1. settembre si sciolsero i legnami che tenevano avvinte le maglie, si disarmò il ponte di servizio, e verso la sera dello stesso giorno si videro le catene inferiori di sospensione pensolar tranquillamente sulle acque del Danubio.

L'eseguir poi simile operazione rispetto alle catene superiori non era che l'affare di poco momento. Di fatti usato l'istesso metodo per attaccar le catene in ambi i lati, e distenderle sinova' massi di ferro fuso, si formarono dei palchi volanti sulla prima catena mercè di travi situati per traverso, e di tavole: dopo di che furono in questa congegnati i sospensorj, ed imperante e congiunte le maglie della catena superiore nella parte intercetta fra le pile, co' rispettivi sospensorj.

La lunghezza di entrambe le catene rispetto alla curva che doveano descrivere, essendo stata precedentemente calcolata con esattezza,

esse riuscirono, quali tuttavia si dimostrano, parallele fra loro, e come segmenti di due periferie concentriche; la qual cosa non lasciò desiderar nulla di più perfetto circa la costruzione di un' opera del tutto nuova nel nostro paese. Il pavimento anch'esso, per esser già pronti tutti i pezzi di cui doveasi comporre, fu subito consegnato e costruito; ed il primo ponte a catene di ferro sul Danubio, che fu certamente onore all'architetto direttore nominato che alla società di capitalisti, si trovò in istato di essere aperto al Pubblico il dì 4 ottobre dello stesso anno 1825, giorno della fausta ricorrenza onomastica dell'augusto nostro Sovrano. Dal momento dell'apertura del ponte sino al giorno 15 dello stesso mese sono passati sul pavimento più di 40000 persone, delle quali molte centinaia simultaneamente. Nùn vizio pertanto si è mai manifestato nella intera costruzione, che risvegliar potesse alcun timore intorno alla solidità e forse anche alla di lei secolare durata.

La scala della presente tavola è divisa in tese.

T A. V. VI.

Macchina destinata a sperimentare la resistenza assoluta delle maglie delle catene.

F I G. I.

Prospetto della macchina nel senso della lunghezza insieme colla capria stabilita verso l'estremità della leva.

- a — Cassa di ferro fuso, internamente cava in forma di semicilindro, la cui resistenza procurata dalla robustezza del ferro dev'esser maggiore della pressione del vetto e del cilindro a spiro, allorchè questi si fanno operare sulla maglia che si sperimenta. È composta di due parti che si combaciano perfettamente nel due

- b* — Piani di contatto. Questo espediente è stato adoperato affin di estendere l'uso della macchina anche ad altre maglie di una lunghezza maggiore di quelle del nostro ponte. Fortifichiamo il sito di contatto quattro piastre di ferro fuso situate due per ogni lato della cassa, ed attaccate ciascuna alla medesima per mezzo di quattro viti. Ad oggetto che le due parti della cassa non si disgiungano nè si sollevino in seguito di una forte pressione del vettore, in ognuno de' due lati della cassa discendono due chiavi corodate di viti e di madreviti sino ad incontrare per alcuni piedi sotterra una graticola di robusti travi caricate con sassi, onde reagire col suo peso.
- c* — Le descritte chiavi sino al pavimento su cui insiste la macchina.
- d* — Armaggio di legno sul quale giace la cassa di ferro fuso in situazione orizzontale.
- e* — Madrevite di ferro fuso stabilita fuori della cassa nel sito in cui questa tien praticato un foro per dar luogo ad un
- f* — Cilindro a spire di ferro battuto. Il cilindro e la madrevite servono a tenere in modo la maglia nell'atto dello sperimento, che la leva vi agisca con tutta la forza possibile, e perchè nel caso che la maglia si allunghi per effetto del peso, possa spingersi la medesima verso il cilindro.
- g* — In questo estremo il cilindro a vite termina biforcuto, e nell'intervallo dei rebbj della forcina va collocata la maglia che deve sperimentarsi. Entrambi questi rebbj sono perforati verticalmente per ricevere un perno con manico a guisa di anello; e lo stesso perno attraversa contemporaneamente il foro della maglia la quale resta in tal modo stabilita.
- A* — Situazione delle maglie nell'atto dello sperimento.
- B* — Perno col suo manico.
- A* — Sono due tavole di ferro battuto che rivestono lateralmente il braccio del vettore. Le medesime vengono attaccate ad una trave

che è tra di esse, per mezzo di viti trasversali e di bande di ferro, formando una leva inflessibile, la quale con perno, che verso il vette termina angolarmente per diminuir l'attrito, è frenato ad

l — Altra forcina simile a quella del descritto cilindro a spire. L'estremità del vette è anovibile intorno a questa forcina, la quale sen giace al par delle maglie costantemente in situazione orizzontale, anche quando il braccio della leva si abbassa.

m — Il perno poc' anzi conato. Il foro nel quale vien esso introdotto è foderato con piastra di acciaio. La maglia è qui introdotta tra rebbj della forcina come tra quelli del cilindro a spire. Verso la stessa estremità della leva si osserva l'aggiunta di un prisma triangolare di acciaio *m'*, uno de' lati del quale va ad urtare in faccia ad un tassello di sufficiente spessore unito alla cassa, e costituisce il punto di appoggio del vette. La distanza tra l' riferito perno ed il taglio o lato del prisma forma uno de' due bracci di tal vette angolare.

n — Altro perno terminato superiormente a prisma, e introdotto in un foro praticato nelle tavole di ferro, e rivestito di piastra di acciaio.

o — Armatura per la sospensione di

p — Un gran bacino. La distanza da *m* ad *n* è precisamente il ventuplo della distanza da *m* ad *m'*: donde il momento della leva che qui si produce dalla carica messa nel bacino sarà pure venti volte maggiore di quella che deriverebbe dalla medesima carica, se si facesse agire immediatamente sul ferro della maglia. Essendo però il ventesimo del peso, necessario per l' esperimento di ciascuna maglia, anche troppo grande per potersi sollevare con facilità, verso l' estremità parte del vette si fece uso di una

q — Capria composta da quattro travi riuniti nel loro capo superiore. In questo sito vi era un' uncino dal quale pendeano due trispasti: e la fune che passar dovea per le sei carrucole che li componeano veniva tirata o mollata col mezzo del

- r — Subbio sostenuto dai due travi anteriori nel quale vi eran praticati de' fori per le rispettive manovelle. Un siffatto apparecchio serviva ad innalzar la leva insieme col peso collocato nel bacino ; talchè la leva stessa avvicinandosi gradatamente alla sua posizione orizzontale , faceva approssimar tra loro le due forcine che tenevano salda la maglia per essere poi impernata alle medesime. Quindi mollata la fune sino a che la leva non era più sostenuta dal polispasto , si lasciava agire il peso sulla maglia in isperimento. Se dopo ciò la leva non cessava di serbar la sua posizione orizzontale , il che manifestavasi per mezzo di un' —
- s — Indice al quale corrispondea un arco diviso in gradi , era questo un segno che la maglia opponea una convenevole resistenza alla frattura. In tale stato di tensione percoteasi la maglia con replicati colpi di martello ; ragion per cui s'ella era difettosa dovea spezzarsi ovvero allungarsi. Avvenendo l'ultimo di questi due casi , la leva s'inclinava all'orizzonte ; e coll'opera della capria situata in uno de' suoi estremi veniva di bel nuovo sollevata , mentre dall'altra parte il cilindro a vite dava luogo alla quantità di allungamento sofferto dalla maglia.
- t — Ruota di grossi tavoloni di legno con manubrij , aderente alla madre vite : serviva per allontanar la madre vite dalla cassa , di tanto quanto era l'allungamento subito dalla maglia. Rallentando un'altra volta la fune , la leva ed il carico soprapostole proseguivano ad agir sulla maglia , la quale dopo un allungamento di più pollici finiva col frangersi interamente. Il peso proprio della leva con tutte le sue parti ; e del bacino colla sua armatura non ascondea a meno di 23 cantaja vicennesi , per la qual cosa il momento che ne derivava , relativamente alla distanza del di lei centro di gravità dal punto di appoggio e di tiramento , calcolato con esattezza , pareggiava 21033 libbre. Con caricar poi il bacino della rimanente quantità di peso necessaria , sempre nella ragione del ventesimo , si otteneva il momento desiderato.

F I G. 2.

La macchina veduta di sopra, o la sua proiezione orizzontale.

F I G. 3.

Sezione longitudinale secondo la linea media della macchina, per rendere visibili le sue parti interne, e segnatamente la grossezza del ferro della cassa.

F I G. 4.

Sezione per traverso che si concepisce passare per lo piano di contatto delle due parti della cassa.

F I G. 5.

La ruota veduta di prospetto aderente alla madre vite, insieme coll'armaggio di legno espresso in parte con linee punteggiate, al quale la cassa di ferro fuso è fermata per mezzo di una vite.

Le lettere delle figure 2, 3, 4, e 5 additano gli stessi oggetti che abbiamo descritti nella fig. 1.

Facendo uso di questa macchina furono saggiate tutte le maglie delle catene di sospensione e di ritenuta, assoggettando le prime, §. 10, ad una carica di 400 cantaja, e le seconde ad una carica di 466 cantaja. In tal modo si ottenne ciò che costituisce il principal requisito de' ponti sospesi, la solidità delle maglie, precedentemente riconosciuta. La proposta da me fatta al sig. Direttore dell'Imp. e Real Corpo idraulico della costruzione di una macchina atta a sperimentare la resistenza assoluta delle catene, fu da esso lui approvata. Egli sentiva tutta l'importanza dei vantaggi che sarebbero per risultarne, stante la novità dell'intrapresa nell'Austria, e la poca fiducia che aver si dovea ne' primi lavori di tal natura: onde subito ne commise il progetto al sig. Francesco Piringer, ex-Aggiunto alla cattedra di agricoltura e d'idraulica nella scuola Politecnica di

Vienna, e l'eseguimento sotto la di costui direzione al sig. Giovanni Long. L'invenzione è meritevole di lodi: la macchina, qualunque suscettibile della forza di più di 1200 cantaja, è pur tuttavia maneggiabile a segno, che per lo saggio di cento e più maglie vi bisognano solo cinque uomini, e tre in quattro ore di tempo. Consimile precauzione dovrebbe quindi non andar mai negletta nella costruzione dei ponti a catene di ferro.

F I N E.



609690

I N D I C E.

<i>CENNO del traduttore</i>	<i>pag. III</i>
<i>Dedica dell' autore.</i>	<i>» V</i>
<i>Prefazione dell' autore</i>	<i>» VII</i>
<i>Relazione del Navier al signor Becquey</i>	<i>» 1</i>
<i>Descrizione del ponte Sofia.</i>	<i>» 25</i>
<i>Della quantità del peso che gravita sul pavimento, o sulla cor- da che si concepisce tirata frai due estremi della catena. »</i>	<i>33</i>
<i>Della forza e resistenza delle catene</i>	<i>» 39</i>
<i>Della forza delle catene di ritenuta.</i>	<i>» 53</i>
<i>Indagini sulla stabilità delle pile.</i>	<i>» 55</i>
<i>Degli effetti della dilatabilità del ferro</i>	<i>» 63</i>
<i>Effetti delle ordinarie vicissitudini atmosferiche sul ferro delle catene</i>	<i>» 72</i>
<i>Della varia figura della catena secondo la disugual riparti- zione del peso accidentale sul pavimento, e dello ab- bassamento che in questo si produce.</i>	<i>» 76</i>
<i>Oscillazioni ondulatorie e vibrazioni di sussulto nascenti dal peso in moto</i>	<i>» 79</i>
<i>Spiegazione delle tavole.</i>	<i>» 89</i>

ERRORI.

CORREZIONI.

Pag.	1 v.	9	Landamanno.	Landamanno.
	2	1	fissa	fiavare
	2	13	codigli	cordigli
	3	1	nel.	sul
	14	6	e di riposo	o di riposo
	30	10	al loro	Nel loro
	38	11	del peso	della parte del peso
	44	14	il loro peso	il peso in esame.
	44	18	ciascuno di esso.	ciascuno di essi
	49	17	tang. a	tang. a
	49	18	a =	a =
	40	1	$T = \frac{Q}{\cos. a}$	$T = \frac{Q}{\cos. a}$
	41	24	si rompa con un peso di quello assai minore.	si rompa, con un peso di quello assai minore
	43	7	determinato	determinata
	53	5	cui	che
	54	15	$\varphi = 0,018$	$\varphi = 0,28$
	57	1	nel.	sul
	61	19	i due primi	i due primi
	61	29	ottenuti	istituiti
	67	23	$\frac{10^2 a^2 \cos. a}{24 Q^2}$	$\frac{\sigma^2 a^3 \cos. a}{24 Q^2}$
	70	19	circa 0,001 di quello.	circa 0,001 più di quello
	73	27	dilatabilità	dilatabilità
	77	35	possibile la poca.	possibile, e la poca
	79	29	vibrazioni; sussulto	vibrazioni di sussulto
	80	23	Modo	f = Modo
	102	6	conficcate	conficcate
	114	27	e incatig	e l'incavo.

